



UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AMBIENTAL

TESIS

**Contaminación de agua por metales producto de la
actividad minera metálica en el río Zaña, Chiclayo-
Lambayeque – Junio 2014- Abril 2015.**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:
OMAR MEJÍA BURGOS

Chiclayo, Diciembre de 2016

Eduardo Julio Tejada Sánchez
(Presidente)

José Eliseo Ayasta Varona
(Secretario)

Luís Fernando Terán Bazán
(Vocal)

Mg. Ana María Juárez Chunga
(Asesora)

DEDICATORIA

A mi madre, por el gran amor y la devoción que tienes a tus hijos, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre nos has dado, por tener la fortaleza de derribar obstáculos, por haberme formado como un hombre de bien, y por ser la mujer que dio la vida.

A mi padre, por el valor y el coraje que tienes para levantarte ante cualquier adversidad, por darme ánimos en los momentos que más los he necesitado demostrándome lo importante que soy para ti, por ser el hombre que más me ama en esta vida, y porque sin tu esfuerzo y sacrificio no lo hubiese logrado.

A mis profesores, que han sido mi mano derecha durante toda mi carrera universitaria, dedicándome su tiempo desinteresadamente, por echarme una mano cuando siempre la necesité. Les agradezco en especial por los buenos momentos en los que convivimos como familia.

CONTENIDO

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	8
2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS.....	11
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	28
2.4. HIPÓTESIS.....	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	32
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA EN ESTUDIO	32
3.3. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	33
3.4. PLAN DE PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS	39
IV.RESULTADOS.....	40
4.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	40
4.2. MEDIO BIOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	42
4.3. RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES.....	45
4.4. MEDIO SOCIO ECONÓMICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	45
4.5. MARCO LEGAL.....	49
4.6. FUENTES CONTAMINANTES.....	51
4.7. CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	52
4.8. RESULTADOS DE LOS MUESTREOS.....	54
V. DISCUSIONES.....	60
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	70

INDICE DE TABLAS

TABLA 01: EFECTOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA...	23
TABLA 02: REQUISITOS PARA TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS Y SU MANIPULACIÓN.....	35
TABLA 03: POBLACIÓN DE LOS DISTRITOS UBICADOS EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO.....	47
TABLA 04: DENSIDAD POBLACIONAL DE LOS DISTRITOS UBICADOS EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO.....	47
TABLA 05: COMISIONES DE REGANTES EN EL VALLE ZAÑA.....	49
TABLA 06: PRINCIPALES NORMAS RELACIONADAS CON LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PERÚ.....	50-51
TABLA 07: FUENTES CONTAMINANTES DEL RIO ZAÑA.....	51
TABLA 08: FUENTES CONTAMINANTES DEL RIO ZAÑA EN EL ÁMBITO DEL ESTUDIO.....	52
TABLA 09: PUNTOS DE MUESTREO DE AGUA SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RIO ZAÑA. PARTE MEDIA-BAJA.....	52
TABLA 10: RESULTADOS GENERALES DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS SEGÚN MUESTREOS.....	54

INDICE DE FIGURAS

FIG. 1. – UBICACIÓN DEL RÍO ZAÑA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE.....	41
FIG. 2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CIANURO TOTAL (CN) Y COMPARACIÓN CON ECA-AGUAS.	55
FIG. 3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE ARSÉNICO TOTAL (AS) Y COMPARACIÓN CON ECA-AGUAS.	56
FIG. 4. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CADMIO (CD) Y COMPARACIÓN CON ECA-AGUAS.....	57
FIG. 5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CROMO (CR) Y COMPARACIÓN CON ECA-AGUAS.....	58
FIG. 6. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE MERCURIO (HG) Y COMPARACIÓN CON ECA-AGUAS.....	59

RESUMEN

Se presenta la evaluación de los metales pesados Cianuro (CN), Arsénico (As), Cromo (Cr), Cadmio (Cd) y Mercurio (Hg) en su forma libre, en aguas superficiales del río Zaña, en el periodo Noviembre 2014 a Enero 2015, bajo condiciones de nula precipitación pluvial en el ámbito de la cuenca baja Zaña, en el tramo correspondiente al departamento de Lambayeque, con el propósito de determinar el grado de contaminación del medio agua. Los metales As, Cd y Cr fueron analizados bajo el método estandarizado EPA Method 200.7, mientras que CN total mediante el método EPA Method 335.2 y EPA Method 245.7 para Hg. Los resultados revelan que los niveles de concentración de los metales pesados analizados se encuentran por debajo del nivel de cuantificación, siendo no detectables (ND) para Cianuro ($ND < 0.004$ mg/L), Arsénico ($ND < 0.007$ mg/L); Cadmio y Cromo ($ND < 0.001$ mg/L) y Mercurio ($ND < 0.0001$ mg/L), demostrando que no existe contaminación del medio agua de la cuenca bajo estas condiciones ambientales y estos contaminantes podrían ubicarse en el medio suelo (sedimentos del río y otros) y que además los factores físicos y la vegetación estaría cumpliendo su función depuradora (atenuante). Asimismo se cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas en el Perú, en las categorías de Uso 1: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable y Aguas superficiales destinadas a la recreación; Uso 3: Riego de vegetales y bebida de animales y Uso 4: Conservación del ambiente acuático. Se recomienda realizar monitoreos en condiciones de precipitación pluvial ya que el aumento de caudal y el acarreo de los materiales pueden dar otros resultados; asimismo realizar análisis de los sedimentos a fin de evaluar la concentración de estos metales en este medio.

Palabras clave: Metales pesados, contaminación de aguas, cuenca Zaña.

ABSTRACT

The evaluation of the heavy metals Cyanide (CN), Arsenic (As), Chromium (Cr), Cadmium (Cd) and Mercury (Hg) in their free form, in surface waters of the Zaña river, in the period November 2014 to January 2015, under conditions of zero rainfall in the area of the Zaña basin, in the section corresponding to the department of Lambayeque, in order to determine the degree of contamination of the water medium. The metals As, Cd and Cr were analyzed under the standardized method EPA Method 200.7, while total CN by EPA Method 335.2 and EPA Method 245.7 for Hg. The results show that the concentration levels of the heavy metals analyzed are below the level of quantification, being non detectable (ND) for Cyanide (ND <0.004 mg / L), Arsenic (ND <0.007 mg / L); Cadmium and Chromium (ND <0.001 mg / L) and Mercury (ND <0.0001 mg / L), demonstrating that there is no contamination of the water environment of the basin under these environmental conditions and these contaminants could be located in the middle soil And others) and that in addition physical factors and vegetation would be fulfilling its purifying (attenuating) function. It also complies with the Environmental Quality Standards for water in Peru, in the categories of Use 1: Surface water intended for the production of drinking water and surface water intended for recreation; Use 3: Irrigation of vegetables and animal drink and Use 4: Conservation of the aquatic environment. Monitoring is recommended in conditions of rainfall since the increase of flow and the carrying of the materials can give other results; also to perform sediment analyzes in order to evaluate the concentration of these metals in this medium.

Key words: Heavy metals, water pollution, Zaña basin.

I. INTRODUCCIÓN

La distribución del agua para el riego en el Perú es mayor en la región costa del país; los valles costeros pertenecen a las cuencas de la vertiente del Pacífico, emplazadas en sentido transversal al litoral y con sus zonas altas ubicadas en la vertiente occidental de los Andes. En conjunto, cerca del 84% del total de las tierras agrícolas costeras se encuentran bajo riego, localizándose la mayor parte de éstas en la costa norte del país.

Las políticas sobre agua y el desarrollo de proyectos de irrigación que dan preferencia a la costa se iniciaron desde las primeras décadas del siglo XX bajo la idea de que modernizar la agricultura nacional implicaba desarrollar la costa, pero estas políticas volcadas a favor de la costa no han tenido en cuenta que cada valle costero forma parte de una cuenca cuyas zonas altas se encuentran en la región natural de la sierra. Actualmente la contaminación de los cuerpos de agua es una preocupación a nivel nacional, y esta se da principalmente por actividades mineras, así como por desechos provenientes de las ciudades los que constituyen actualmente un problema ambiental serio en el país. Ante esto nace el problema de investigación ¿Existe contaminación por metales, producto de la actividad minera metálica en el río Zaña, Chiclayo- Lambayeque – en el periodo 2014 - 2015?; planteándose los siguientes objetivos: (a) Identificar los principales contaminantes producto de la actividad minera metálica en el río Zaña. (b) Realizar análisis físico químicos de las aguas del río Zaña, entre los meses de noviembre 2014 y enero 2015. (c) Comparar los resultados obtenidos con los estándares de calidad ambiental para aguas según la normativa nacional.

El presente estudio es el resultado de varios trabajos de campo y de análisis químicos, generando importantes resultados que contribuirán con el conocimiento de la contaminación de las aguas del río Zaña y que se convierte en un aporte para futuras investigaciones.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El agua dulce es un recurso natural y vital para la población, que se encuentra en forma superficial discurriendo formando los ríos, los arroyos, lagos, así como en el subsuelo, en la napa freática y los acuíferos. La calidad y cantidad de agua, y específicamente del agua superficial, fue identificada como el recurso más importante y de mayor preocupación para las comunidades en el área de influencia de la mina y también aguas abajo de la misma. El agua dulce es muy susceptible de la contaminación por las operaciones de la minería a cielo abierto, y lixiviación con cianuro, compuesto químico que es sumamente tóxico para el ser humano, ha generado impactos negativos, alterando el ecosistema.(SENAMHI, 2008)

Con respecto a su concentración habitual en la biósfera, los elementos ya sean metálicos o no metálicos se separan a su vez en dos grupos, macro y microelementos, según si su contenido en la materia seca viva sea mayor o menor que 0,01%. Algunos de los microelementos son indispensables para el desarrollo de los procesos biológicos, los oligoelementos. Los oligoelementos fundamentales para las plantas son: B, Cu, Co, Fe, Mn Mo, Ni y Zn. Estos elementos son requeridos en pequeñas cantidades, o cantidades traza y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Se encuentran en concentraciones que oscilan entre 0,1 y 0,001 mg·kg⁻¹ y pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Existen metales pesados sin función biológica conocida, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos ocasiona disfunciones en el funcionamiento de sus organismos, tales como Cd, Hg y Pb. (Rojas, 2011)

Todos los seres vivos pueden resultar seriamente afectados por la contaminación de metales pesados. Una creciente concentración de

estos elementos en la cadena alimenticia puede provocar daños en la salud (cancerígenos o mutagénicos), aunque se sabe poco de su efecto. En plantas, los síntomas de fitotoxicidad más comunes son lesiones no específicas que varían según la especie y el metal, siendo las lesiones más importantes son la disminución del crecimiento, clorosis y menor desarrollo radicular. (ANA, 2011)

Los síntomas de la toxicidad de Pb han sido bien documentados tanto en animales como en humanos. Muchos animales han muerto producto de un envenenamiento con Pb ya sea por la inhalación del polvo tóxico en la hierba o bien por el consumo de plantas con un alto contenido de metales pesados (Williamson et al. 1982). En niños se pueden presentar síntomas de toxicidad con niveles bajos de Pb, que causan daños cerebrales selectivos (Williamson et al. 1982). Otros metales como el Hg, Cd, As, Se y Cr, también son muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de los microorganismos vivos, dentro de las enfermedades más graves está el cáncer de esófago, laringe, pulmón y vejiga (As), cáncer a la próstata e infertilidad (Cd), cáncer al riñón (Pb), alteraciones neurológicas (Cd, Hg, Pb), afecciones respiratorias (Cd, Hg) y bronquitis (As, Cd), entre otras (Llugany et al 2007).

La minería es la actividad económica más intensiva en Cajamarca y tiene una larga y compleja historia de coexistencia con ella, sobre todo en cuanto a la calidad del recurso hídrico. Hualgayoc, por ejemplo, tiene catorce pasivos ambientales mineros en solo una quebrada (la quebrada Colorada) pero hay muchísimos otros contaminando fuentes naturales desde la Colonia (los llamados «socavones sin nombre»). La identificación de fuentes contaminantes realizada por la ANA afirma que el 9% de las fuentes contaminantes del Chancay son pasivos ambientales mineros. Actualmente hay proyectos que aún no hacen vertimientos (Los Pircos, Tantauatay), pero otros sí los efectúan (MLZ entre ellos). El reporte también

asegura que, en época de lluvias, los pasivos contribuyen a concentrar aún más los metales en suelos que naturalmente ya tienen una alta concentración metálica. (ANA, 2008)

Las minas a cielo abierto, son las explotaciones mineras que se desarrollan en la superficie del terreno, a diferencia de las subterráneas, que se desarrollan bajo ella. Para la explotación de una mina a cielo abierto, es necesario excavar, con medios mecánicos o con explosivos y utilización de grandes cantidades de cianuro una sustancia muy tóxica, inclusive mortal y que permite recuperar el oro del resto del material removido; Existe consenso en la literatura sobre el tema en el sentido de que ninguna actividad industrial es tan agresiva ambiental, social y culturalmente como la minería a cielo abierto. (Gallo, 2011)

Las minas a cielo abierto, son las explotaciones mineras que se desarrollan en la superficie del terreno, a diferencia de las subterráneas, que se desarrollan bajo ella. Para la explotación de una mina a cielo abierto, es necesario excavar, con medios mecánicos o con explosivos y utilización de grandes cantidades de cianuro una sustancia muy tóxica, inclusive mortal y que permite recuperar el oro del resto del material removido; Existe consenso en la literatura sobre el tema en el sentido de que ninguna actividad industrial es tan agresiva ambiental, social y culturalmente como la minería a cielo abierto. (Gallo, 2011)

El estado peruano a través de la ley de recursos hídricos ley 29338, tipifica como que el Uso productivo del agua consiste en la utilización de la misma en procesos de producción o previos a los mismos. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional. Así mismo tipifica los siguientes usos productivos; Agrario: pecuario y agrícola; Acuícola y pesquero; Energético; Industrial; Medicinal; Minero; Recreativo; Turístico; y de transporte.

Así mismo establece que está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia o bioacumulación. La Autoridad Ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece los criterios y la relación de sustancias prohibidas. (Ley N° 29338, 2009)

El ministerio de agricultura en el año 2008 hace un diagnóstico sobre la calidad de aguas de la cuenca del río Zaña, según el análisis físico-químico de las aguas se extrae que los elementos y compuestos se concentran en mayor medida en las partes bajas de la cuenca sin ser de consideración para los diversos usos. Por tanto las aguas del río Zaña resultan de buena calidad, salvo casos aislados como Cadmio y Mercurio para los usos potable y agrícola y la dureza y alcalinidad total por el sector industrial. (MINAG, 2008)

2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS

El Perú dispone de un total de 2 046 287 mmc de agua, ubicándose entre los países con mayor riqueza hídrica, 72 510 m³ /hab/año. De acuerdo al sistema Pfafetter RM. N° 033-2008- AG; la vertiente del pacífico está conformada por 62 unidades hídricas, dispone del 1,8% del agua en ella habita el 65 % de la población y produce el 80,4 % del PBI. (ANA, 2011)

El recurso hídrico en la región está constituido por aguas de esorrentías, aguas embalsadas, represa Tinajones y aguas subterráneas. El sistema hidrográfico pertenece a la Vertiente Occidental de los Andes (vertiente del pacífico) y está comprendida por cinco cuencas; entre estas la cuenca Zaña ubicada al sur del departamento. (ANA, 2011)

Las principales actividades antrópicas que utilizan las aguas de la cuenca Zaña son agricultura, población (doméstico), pecuario e industrial; estas actividades generan vertimientos de tipo: agrícolas, humanos e industriales; parte de estos últimos vertimientos son los generados en la cabecera de cuenca ubicada en el departamento de Cajamarca producto de la actividad minera metalúrgica. (ANA, 2011)

Los metales pesados tienen una importante fuente en las actividades de origen antropogénico y constituyen un peligro para la biota acuática y el ser humano y un factor de deterioro de la calidad hídrica y ambiental. Los sedimentos ribereños, uno de los principales reservorios de estos elementos, actúan como fuentes secundarias de contaminación de los cuerpos de agua, por lo que resulta importante evaluar la concentración de metales como una herramienta que permite rastrear el origen de los contaminantes en el medio y predecir los impactos que pueden producir en los ecosistemas acuáticos. (Bentine y Golbert, 1977)

La minería en su conjunto produce toda una serie de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos, que de una forma u otra van a parar al suelo. Esto sucede ya sea por depósito a partir de la atmósfera como partículas sedimentadas o traídas por las aguas de lluvia, por el vertido directo de los productos líquidos de la actividad minera y metalúrgica, o por la infiltración de productos de lixiviación del entorno minero: aguas provenientes de minas a cielo abierto, escombreras (mineral dumps), etc., o por la disposición de elementos mineros sobre el suelo: escombreras, talleres de la mina u otras edificaciones más o menos contaminantes en cada caso. (Rosas, 2001).

El mayor problema ambiental de la minería metálica está relacionado con el nivel de metales residuales sin valor económico que contaminan el suelo y aguas, ya sea: a) físicamente, afectando la textura, estructura, estabilidad y disponibilidad de agua; b)

químicamente, con alteración del pH, déficit de nutrientes y exceso de metales tóxicos, y también c) biológicamente, mediante el descenso o eliminación de microorganismos y de los organismos mayores (Rosas, 2001).

Los estudios de calidad de las cuencas hidrográficas han adquirido gran interés en las últimas décadas, dado el incremento de población en sus riberas, el creciente grado de industrialización y los aportes del sector primario que se presentan. La importancia que tiene el estudio de metales pesados en aguas y sedimentos está dada por sus características: elevada toxicidad, alta persistencia y rápida acumulación por los organismos vivos (Rosas, 2001).

El problema de la contaminación ha suscitado la creciente preocupación en las últimas décadas, a nivel mundial. La manera de estimar la calidad del agua consiste en la definición de índices o ratios de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación real y en otra situación que se considere admisible o deseable y que viene definida por ciertos estándares o criterios.

La investigación de la presencia de metales pesados en determinadas zonas, permite conocer las rutas de contaminantes y su interacción con otras sustancias presentes (GrietEeckhout, 2006).

Los Metales Pesados constituyen el 75% de los elementos conocidos, están caracterizados por ser buenos conductores el calor y la electricidad, poseen alta densidad, y son sólidos en temperaturas normales (excepto el mercurio). Pueden formar aleaciones entre sí y son ampliamente utilizados, por ejemplo en la fabricación de coches, computadoras, la construcción de autopistas, puentes, etc., así como en la producción de electrodomésticos, y material de laboratorio. Se encuentran en forma de elementos nativos (mineral, geológico) o son producto de actividades antropogénicas (fungicidas, minería y fundición, industrias plásticas, y desechos) (GrietEeckhout, 2006).

Existen varias definiciones del término “metales pesados”. En esta categoría entran prácticamente todos los elementos metálicos de interés económico, por lo tanto, de interés minero (Oyarzun & Higuera 2009). Por lo general se acepta que son aquellos elementos químicos que presentan ciertas propiedades comunes: conductividad eléctrica y térmica altas, maleabilidad, ductibilidad y brillo (Vega y Reynaga 1990), cuya densidad es mayor a 5 g/ml (Cervantes y Moreno 1999), por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Algunos metales pesados son: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn) (Arce, 2000).

Los metales pesados se encuentran en forma aislada o combinados formando minerales (Vega y Reynaga 1990). Pueden encontrarse en mayores cantidades en los extractos profundos de los ríos y en menor proporción en la superficie, los mantos acuíferos no contaminados pueden contener cantidades muy pequeñas (Arce, 2000).

Dentro de los metales pesados hay dos grupos (Arce, 2000):

*Oligoelementos o micronutrientes que son los requeridos en pequeñas cantidades, o cantidades traza por plantas y animales, y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital.

Dentro de este grupo están: As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Se y Zn.

Estos elementos minoritarios se encuentran en muy bajas concentraciones en el suelo y agua. Pasado cierto umbral biológico se vuelven tóxicos. La ausencia de estos micronutrientes causa enfermedades y su exceso intoxicaciones.

*Metales pesados sin función biológica conocida, su presencia en determinadas cantidades en los seres vivos, generan disfunciones en el funcionamiento de sus organismos, produciendo inhibición de las actividades enzimáticas.

Son altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. A este grupo pertenecen principalmente: Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Antimonio (Sb), Bismuto (Bi). La toxicidad de estos metales se debe a su capacidad de combinarse con una gran variedad de moléculas orgánicas, pero la reactividad de cada metal es diferente y consecuentemente lo es su acción tóxica.

La contaminación por metales pesados se considera según su origen, así pues en los sistemas acuáticos continentales (ríos, lagos, embalses, etc.) la contaminación se produce, bien por la presencia de compuestos o elementos que normalmente no estarían sin la acción del hombre, o por un aumento o descenso de la concentración normal de las sustancias ya existentes debido a la acción humana (Rosas, 2001).

En cuanto a la contaminación de origen natural el contenido en elementos metálicos de un suelo libre de interferencias humanas, depende en primer lugar de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los materiales que conforman el mismo (Adriano, 1986). Una alta concentración de metales puede resultar en ciertos casos de su material geológico sin que haya sufrido una contaminación puntual (Murray, 1996; Tam y Yao, 1998). La acción de los factores medioambientales sobre las rocas y los suelos derivados de ellas son los determinantes de las diferentes concentraciones basales de metales pesados en los sistemas fluviales (aguas, sedimentos y biota) (Adriano, 1986).

Se entiende por contaminación de origen antropogénico a la intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados. Actualmente es difícil encontrar una actividad industrial o un producto manufacturado en los que no intervenga algún metal pesado (Wittmann, 1981). En las zonas de estudio de la presente tesis, los

principales orígenes antropogénicos de metales pesados pueden ser agrupados de acuerdo a las principales actividades económicas que se realizan en las poblaciones locales que dependen e inciden directamente en la salud del río: agropecuario (agrícola, ganadero, acuícola), industriales (extracción forestal, minería, bancos de materiales) y doméstico.

Los orígenes agrícolas de los metales pesados en las aguas continentales son los causados por la lixiviación de los terrenos de cultivo en los que se ha producido una acumulación previa de dichos elementos debido al uso o abuso de pesticidas fertilizantes y desechos orgánicos susceptibles de ser utilizados como abono (Rosas Rodríguez, 2001), el empleo sistemático de fertilizantes, biocidas, y abonos orgánicos son el principal foco de contaminación difusa de los suelos, así como la eliminación incontrolada de los envases de dichos productos, que generalmente son depositados en vertederos para residuos no peligrosos o abandonados en los campos (Fundación MAPFRE, 1994). Los metales presentes en los terrenos alcanzan los cursos de agua no solo directamente al ser lixiviados por la escorrentía superficial (aguas de riego y tormentas), sino también indirectamente al infiltrarse desde acuíferos previamente contaminados (Rosas, 2001).

Los contaminantes de origen ganadero son los debidos a los desechos de los animales y a los que proceden del lavado de establos y granjas. La concentración de metales en dichos materiales es variable y depende del tipo de ganado del que se trate, de la edad del animal, tipo de establo e incluso del manejo de los desechos (Adriano, 1986).

Los contaminantes de origen industrial, una de las principales fuentes de metales pesados en los sistemas acuáticos son las aguas residuales procedentes de las industrias que utilizan los cauces

fluviales como vertederos. A menudo estos vertidos no son gestionados, no se someten a procesos de depuración o su tratamiento es inadecuado (Rosas, 2001). Los contaminantes pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión, y ser orgánicos e inorgánicos por su naturaleza química (Fundación MAPFRE, 1994).

Los contaminantes de origen doméstico y urbano, las aguas residuales de las ciudades son las portadoras de los metales pesados de origen doméstico. Los vertidos domésticos transportan una amplia gama de metales contenidos en las excreciones humanas, en los restos de los alimentos, en las aguas de lavado, etc. (Rosas, 2001). La actividad urbana es también una fuente de contaminación fundamentalmente por la generación de residuos sólidos urbanos, las emisiones de los vehículos a la atmosfera o a la producción de lodos en las depuradoras de aguas residuales (Fundación MAPFRE, 1994).

Las emanaciones gaseosas de los automóviles, no sólo afectan a las ciudades, sino que también lo hacen a las zonas limítrofes de autopistas y carreteras. Los metales así originados incluyen al Cd, Cu, Ni, Pb y Zn siendo el Pb el más abundante proveniente de la combustión de la gasolina y el Zn debido al desgaste de los neumáticos. Estos metales contenidos en las partículas de los humos de combustión y las originadas por el desgaste de neumáticos, pueden llegar a alcanzar los sistemas acuáticos de dos maneras: directamente (precipitación de partículas, por la lluvia) e indirectamente por la lixiviación de los terrenos (calles, carreteras y zonas adyacentes donde previamente se produjo la deposición) debido a la escorrentía superficial de las aguas de tormenta y de los riesgos de las ciudades (Rosas, 2001).

En el medioambiente de la superficie terrestre, que está constituida de una mezcla de rocas, tierra, agua, aire y organismos vivos, los metales y metaloides sufren procesos dinámicos biogeoquímicos,

estos procesos afectan a la forma atómica del metal y, por tanto, a su solubilidad, movilidad, biodisponibilidad y toxicidad (Griet Eeckhout, 2006). Los metales, en cantidades mínimas o trazas, pueden ejercer efectos positivos o negativos sobre los seres vivos. Las pequeñas variaciones de sus concentraciones, tanto disminuciones como incrementos, pueden producir efectos nocivos, a veces graves, crónicos e incluso letales sobre los seres vivos. Ya sea de forma natural o como consecuencia de la actividad humana, estos metales pesados se encuentran actualmente en el medio ambiente de forma accesible (Wittmann, 1981).

El grado de toxicidad potencial y biodisponibilidad que un metal pesado presente en un ambiente dado depende de una serie de factores que si bien están muy interrelacionados, se clasifican en dos grupos: factores abióticos y bióticos.

Los factores abióticos, se clasifican a su vez en dos subgrupos:

a) Factores inherentes al metal, entre los que se encuentran la naturaleza del metal, su abundancia de disponibilidad en el medio, su estado molecular específico y su tiempo de permanencia en el sistema.

La toxicidad depende en primer lugar de la propia naturaleza del metal y de su disponibilidad en el ambiente (Meléndez y Camacho, 2009).

Al estar sometidos a diferentes condiciones ambientales, los metales pesados pueden mostrar diversas configuraciones moleculares. Sus diferentes especies moleculares o especies químicas pueden suponer distintos grados de bioasimilación o toxicidad (Rovira, 1993). También influye sobre la toxicidad del metal el tiempo de residencia en el sistema, que puede llegar a ser de muchos años si las condiciones y la estabilidad del medio acuático así lo permiten (Usero et al. 1997).

b) Factores físico-químicos ambientales, principalmente pH, potencial redox, cantidad de materia orgánica, temperatura, contenido de oxígeno, etc. Todos los factores inherentes al metal son modificables por factores fisicoquímicos ambientales (Wood, 1989; Rovira, 1993; Martínez Rodríguez, 2002). El efecto combinado de los factores tiene gran influencia sobre el grado de toxicidad y sobre la incorporación de los metales pesados por la biota acuática (Prosi 1981; Cifuentes et al. 2004).

Se describe a continuación la influencia de algunos parámetros:

El pH afecta a la especiación química y a la movilidad de muchos metales pesados, y los cambios de pH influyen fuertemente en la toxicidad (Wood, 1989; Echarri, 1998; Martínez, 2002).

La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido. El pH tiene un importante efecto sobre la materia orgánica. El pH, es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alto se produce la precipitación como hidróxidos. En medios muy alcalinos, pueden nuevamente pasar a la solución como hidroxicomplejos. Si el pH es elevado entonces puede bajar la toxicidad metálica por precipitación como carbonatos e hidróxidos. La adsorción de los metales pesados está fuertemente condicionada por el pH del suelo (y por tanto, también su solubilidad) (Arce, 2000).

El potencial redox o potencial de oxidación-reducción, es responsable de que el metal se encuentre en estado oxidado o reducido. Los equilibrios redox están controlados por la actividad de electrones libres en el agua. Los sedimentos están sometidos a unas condiciones redox determinadas, que pueden afectar al estado de algunos elementos tales como C, Ni, O, S, Fe, Ag, As, Cr, Hg y Pb. El potencial redox puede influir en los procesos de adsorción, incluso al propio contaminante (Arce, 2000).

La temperatura influye sobre la solubilidad de los metales y al igual que el contenido de oxígeno disuelto afecta de forma decisiva tanto a la distribución como al estado fisiológico de la biota del sistema acuático del que va a depender la respuesta frente al tóxico.

La materia orgánica, tanto soluble como particulada, altera la distribución de los metales pesados; se produce por regla una disminución de los niveles disueltos y un aumento de la concentración de metales en la forma coloidal y en suspensión así como en los sedimentos. Los exudados orgánicos de ciertos organismos, los quelantes naturales como succinato, citrato y aspartato, y los ácidos húmicos y fúlvicos son algunas de las sustancias orgánicas capaces de retener metales, aunque sea de forma temporal.

La materia orgánica puede adsorber tan fuertemente a algunos metales, como el Cu, que pueden quedar en posición no disponible por las plantas. Por ello algunas plantas de suelos orgánicos presentan carencia de ciertos elementos como el Cu (Arce 2000).

La toxicidad de los metales pesados se potencia en gran medida por su fuerte tendencia a formar complejos organometálicos, lo que facilita su solubilidad, disponibilidad y dispersión.

La estabilidad de muchos de estos complejos frente a la degradación por los organismos del suelo es una causa muy importante de la persistencia de la toxicidad (Arce, 2000).

B. Factores bióticos

El comportamiento de los metales no depende solo de parámetros fisicoquímicos, si no que se vea afectado por factores biológicos que interviene en la solubilización e insolubilización de elementos inorgánicos, alteración de minerales y formación de depósitos (Dekov et al. 1997; Garban et al. 1996, Martínez 2002).

La toxicidad de los metales pesados en los sistemas acuáticos está condicionada de forma importante a su vez por: a) El grado de bioasimilación y por los mecanismos de defensa que esgriman los

organismos frente a los metales, y, b) La acción que la propia biota pueda ejercer sobre su especiación química (Viarengo, 1985; Vega y Reynaga, 1990; Calmano et al. 1993).

La actividad metabólica de los microorganismos juega un papel importante en la movilidad de los elementos tóxicos en el medio ambiente (Wood, 1989; Albert, 1990). Debido a la acción de algunas cepas bacterianas (mecanismos de descodificación) o a la de algunos organismos bentónicos detritívoros, pueden aparecer en el medio, especies metálicas más o menos móviles, tóxicas e inasimilables para la biota de niveles tróficos superiores que las preexistentes (Romero et al., 2000).

Efectos tóxicos de los metales pesados

Entre los metales que tienen más probabilidades de causar problemas figuran el Cobre (Cu), el Cadmio (Cd), el Mercurio (Hg), el Manganeseo (Mg), el Cobalto (Co) y el Níquel (Ni). Se consideran tóxicos si resulta perjudicial para el crecimiento o el metabolismo de las células al exceder cierta concentración, algunos de ellos constituyen venenos graves incluso a concentraciones muy bajas (Vega y Reynaga, 1990). La toxicidad de estos metales pesados es proporcional a la facilidad de ser absorbidos por los seres vivos, un metal disuelto en forma iónica puede absorberse más fácilmente que estando en forma elemental, y si esta se halla reducida finamente aumenta las posibilidades de su oxidación y retención por los diversos órganos (Rosas, 2001).

La toxicidad de un metal depende de su vía de administración y del compuesto químico al que está ligado. La combinación de un metal con un compuesto orgánico puede aumentar o disminuir sus efectos tóxicos sobre las células. La toxicidad es el resultado de : a) cuando el organismo se ve sometido a una concentración excesiva del metal durante un periodo prolongado, b) cuando el metal se presenta en

forma bioquímica inusitada o c) cuando el organismo lo absorbe por una vía inusitada. También tienen gran influencia otras variables, como la presencia de otras sustancias, la edad, la nutrición o el embarazo (Vega y Reynaga, 1990)

Los efectos tóxicos de los metales pesados no se detectan fácilmente a corto plazo, aunque sí puede haber una incidencia muy importante a medio y largo plazo. Los metales son difíciles de eliminar del medio, puesto que los propios organismos los incorporan a sus tejidos y de éstos a sus depredadores, en los que se acaban manifestando (Vega y Reynaga, 1990; Garban, 1996; Rosas, 2001).

Efectos en el ambiente

La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables. Una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación (Arce, 2000). Dicho fenómeno se da con los metales mercurio y aluminio, en mamíferos consumidores de pescado y en pájaros insectívoros respectivamente (Vega y Reynaga 1990).

Se sabe muy poco sobre los efectos de los metales en los ecosistemas. En los lugares en que aguas de drenaje de minas fluyen en cursos de agua dulce se producen con frecuencia efectos ecológicos evidentes como, por ejemplo, una gran reducción de la fauna invertebrada y la ausencia de peces (Vega y Reynaga, 1990).

Los metales disueltos en el medio acuoso son fácilmente absorbidos por la biota acuática; es decir, tienen una alta biodisponibilidad en este medio (capacidad de interacción de un contaminante en el sistema biológico). Los metales que se bioconcentran (concentración del contaminante en los tejidos de la biota con la concentración de ese mismo contaminante en el medio) en las algas marinas son el

Aluminio (Al), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Manganese (Mn), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Zinc (Zn). En la biota acuática se acumulan principalmente el Cadmio (Cd) y el Mercurio (Hg); el Manganese (Mn) en el esqueleto de los peces. Esta acumulación depende de la acidez del medio acuoso y de la disminución de la concentración acuática del calcio.

Tabla 01: Efectos de los metales pesados en la salud humana.

Metales pesados	
	Posibles efectos sobre la salud
Arsénico	Lesiones en la piel; trastornos circulatorios; alto riesgo de cáncer.
Cadmio	Lesiones renales.
Cobalto (*)	La exposición a altos niveles de radiación de cobalto puede producir alteraciones en el material genético en el interior de las células, lo que puede conducir al desarrollo de ciertos tipos de cáncer.
Cromo(total)	Dermatitis alérgica.
Cobre	Exposición a corto plazo: molestias gastrointestinales. Exposición a largo plazo: lesiones hepáticas o renales.
Mercurio(Inorgánico)	Lesiones renales
Níquel (*)	Fallos respiratorios. Cáncer de pulmón, nariz, y laringe. Reacciones alérgica en la piel. Desordenes del corazón. Embolia de pulmón.
Plomo	Bebés y niños: retardo en desarrollo físico o mental; los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje. Adultos: trastornos renales; hipertensión.
Estaño (*)	Irritación en piel y ojos. Dolores de estómago, anemia, y alteraciones del hígado y los riñones. Inhalar compuestos orgánicos de estaño puede interferir con el funcionamiento del sistema nervioso y el cerebro. En casos graves, causa la muerte.
Zinc (*)	Pérdida del apetito, disminución de la sensibilidad, el sabor y el olor. Irritación en la piel, pequeñas llagas y erupciones cutáneas. Defectos de nacimiento.

Fuente: (ATSDR 2000).

De los metales, el más toxico para los peces es el aluminio De la concentración total del metal, sólo ciertas formas químicas son tóxicas para los organismos (Vega y Reynaga, 1990).

Una vez alcanzadas concentraciones tóxicas, puede necesitarse mucho tiempo para reducirlas a niveles no tóxicos. Ningún contaminante actúa en forma aislada sobre un receptor. La capacidad de absorción de metales por las plantas varía con la acidez, el contenido orgánico y otras características del suelo (Vega y Reynaga, 1990).

Para la determinación del grado de contaminación se evalúan ciertos parámetros como son:

Los parámetros físicos son: la transparencia, turbidez, color, olor, sabor, temperatura, conductividad eléctrica y pH.

Turbidez: Es el “nublamiento” ocasionado por la presencia de material suspendido. Algunos materiales que dan al agua esta apariencia son: barro, arena, material orgánico finamente dividido, plancton y otros materiales inorgánicos (Martínez-Rodríguez, 2002).

Color: Lo causa el material orgánico disuelto de vegetación en descomposición y cierta materia inorgánica en el agua (Martínez-Rodríguez, 2002). Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación (Echarri, 1998).

Olor y Sabor: Los compuestos químicos presentes en el agua pueden darle olores y sabores muy fuertes aunque estén en pequeñas concentraciones, algunos de estos compuestos: fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor (Echarri, 1998).

Temperatura: La temperatura óptima del agua para beber está entre los 10 y los 15°C (Echarri, 1998; Martínez-Rodríguez 2002), es consistentemente fría y no tiene variaciones de temperatura de más de unos pocos grados. El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (como el oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción (Echarri 1998). La temperatura también afecta la percepción sensitiva de sabores y olores (Martínez-Rodríguez, 2002).

Conductividad: El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C (Echarri, 1998).

Los parámetros químicos son los más importantes para definir la calidad del agua, existe una extensa lista de ellos siendo posible agruparles en:

Sustancias presentes naturalmente y sustancias vertidas artificialmente. Como no hay un límite bien marcado entre unas y otras, ya que muchas pueden proceder de ambas fuentes (nitrógeno, fenoles, etc.), las estimaciones deben hacerse en función de diferencias de concentración y no de los valores absolutos.

Sustancias y caracteres estables, inestables, ligeramente estables. Esta agrupación se usa cuando hay que decidir los análisis u observaciones a realizar in situ en un laboratorio móvil o en laboratorio permanente.

Sustancias presentes habitualmente en cantidades grandes y sustancias presentes en cantidades pequeñas. Las primeras deben ser analizadas con frecuencia y corresponden a los iones más importantes, el oxígeno disuelto, etc., algunos contaminantes, como detergentes y los derivados del petróleo). Las segundas deben ser analizadas solo en la investigación preliminar o en observaciones muy detalladas.

Los parámetros biológicos incluyen diversas especies microbiológicas patógenas al hombre así como virus y diversos invertebrados. Últimamente se utilizan los llamados “índices bióticos”, que se construyen en función de la presencia de ciertas especies (generalmente taxones), y se comportan como indicadores de los niveles de contaminación, así como de las variaciones de la estructura de la comunidad biótica ocasionadas por la alteración del medio acuático (Ministerio de Medio ambiente, 2000).

La selección de los parámetros se puede determinar en función de los usos del agua, siendo los más comunes el uso doméstico, industrial, riego, recreo y vida acuática, variando el número y tipo de parámetros ya que las exigencias de calidad son diferentes.

En Sudamérica, existen algunas normativas respecto a las explotaciones mineras. Dos ejemplos son: a) por un lado Chile donde la CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) ha establecido algunas normas para el cierre de faenas mineras; b) por el otro, Perú que ya en el año 1973, aprobó leyes que cubrían problemas de salud, seguridad y bienestar general en las zonas mineras. En los últimos años se ha dictado la Ley de Cierre de Minas (*Ley 28090*) y la Ley de Pasivos Ambientales de las Actividades Mineras (*Ley 28271*). Los objetivos de estas últimas leyes son: 1. legislar el proceso de identificación de los pasivos ambientales legados por las actividades mineras; 2. establecer la responsabilidad de la remediación y

rehabilitación de las áreas afectadas por los pasivos ambientales; y 3. mitigar los impactos negativos de los productos mineros sobre la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.

Con el propósito de garantizar la conservación de la calidad ambiental a través del uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada, el MINAM fija los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. Para controlar las emisiones de agentes contaminantes creándose así Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua según D.S. N° 002-2008 MINAM.

Los estándares constituyen un punto de referencia para determinar la calidad del agua, y sufren de frecuentes revisiones a medida que se avanza en el estudio de las consecuencias de la contaminación y son, en todo caso, independientes del propio medio que se pretende estudiar, lo que lleva a pensar en la conveniencia de establecer estándares diferentes para contextos territoriales distintos. Existen diferentes estándares de calidad que cada país, región o comunidad adopta según sus criterios de seguridad establecidos.

En el Perú las especificaciones de contaminantes y de calidad se señalan en los “Estándares de Calidad del Agua ECA - D.S. N° 002-2008-MINAM” y la “NOM-127-SSA1-1994 “Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano-límites Permisibles de Calidad y Tratamiento a que debe Someterse el Agua para su Potabilización”, los cuales presentan gran similitud con los principales lineamientos que en esta materia existen en diversos países tanto de América como de Europa.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

El Agua: El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación. (ley 29338 ley de recursos hídricos)

Sedimentos: Los sedimentos constituyen la acumulación de materiales arrastrados (alóctonos), o bien producidos en la misma masa de agua (autóctonos), minerales (evaporitas, arcillas, fragmentos de rocas o materiales clásticos, minerales formados en la propia agua) y orgánicos (organismos enteros que mueren en el sedimento, organismos muertos y fragmentos de los mismos, excrementos, materia orgánica floculada, material detrítico/alóctonos). La composición de los sedimentos y la velocidad con que se acumulan, expresan la actividad del lago como receptor de una cuenca y como centro de actividad biológica (Margalef, 1983).

Contaminación del Agua: Acumulación indeseable de sustancias, organismos y cualquier forma de Energía en un sistema hídrico. En cuanto a las aguas del país, es la acumulación de diversos elementos y sustancias aportados por vertimiento de aguas residuales crudas o insuficientemente tratadas que superan la capacidad de asimilación y/o autodepuración del cuerpo receptor generando concentraciones en el cuerpo de agua que exceden el estándar de calidad normado en la zona sometida a regulación. (ANA,2010)

Minería Ilegal: La minería ilegal es la actividad minera que se realiza en espacios prohibidos como las riberas de los ríos, lagunas, cabeceras de cuenca y las zonas de amortiguamiento de áreas naturales protegidas. También se considera minería ilegal a los que usan equipo y maquinaria pesada, que no corresponde a la categoría de pequeña minería o minería artesanal. El Decreto Legislativo N°

1105, define entonces a los mineros ilegales como aquellos que no cumplen con las exigencias administrativa, técnicas, sociales y ambientales de ley, o que se realiza en zonas en las que esté prohibida. (MINAM)

Minería Informal: La minería informal está compuesta por aquellos operadores mineros que no son legales y que han iniciado in proceso de formalización, cumpliendo con las distintas etapas establecidas por el estado. Este proceso de formalización se cierra en abril de 2014. Además, los informales no operan en zonas prohibidas ni utilizan maquinaria que no corresponden a su categoría. (MINAM)

Minería metálica: La minería metálica es la actividad relacionada con la explotación de sustancias naturales, de las cuales se puede extraer un elemento metálico. Estos se clasifican en cuatro tipos: Básicos; Cobre, plomo, zinc, estaño, Ferrosos; Hierro, manganeso, molibdeno, cobalto, tungsteno, titanio, cromo, Preciosos; Oro, plata, platino y Radioactivos; Plutonio, uranio, radio, torio. (Gratão et al. 2005).

Metales pesados: Se definen como metales pesados a aquellos elementos químicos que tienen una densidad mayor que 5 g/cm-3 o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos). Pero este término se suele utilizar en el lenguaje corriente con una connotación negativa, que hace referencia al riesgo de toxicidad que genera su presencia cuando supera determinados niveles en el suelo (Gratão et al. 2005).

La Autoridad Nacional del Agua (ANA): La Autoridad Nacional es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Es responsable del Funcionamiento de dicho sistema en el marco de lo establecido en la Ley. (Ley 29338 ley de recursos hídricos).

Calidad de agua: La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal. (ANA, 2010).

El Estándar de Calidad Ambiental – ECA: Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (ley general del ambiente art. N° 31).

El Límite Máximo Permisible – LMP: Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (ley general del ambiente art. N° 32).

2.4 HIPOTESIS

Si existe contaminación por metales producto de la actividad minera metálica en el río Zaña, Chiclayo- Lambayeque – Mayo 2014- diciembre 2014, superando los Estándares de calidad Ambiental.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de estudio y diseño de investigación:

La investigación es de tipo descriptivo (Alvitres, 2000); asimismo, le corresponde un diseño de contrastación de la hipótesis de longitudinal ya que se tomaron muestras en tres meses diferentes en los mismos puntos de muestreo.



Donde:

Muestra A: es el objeto de estudio, es decir las muestras de agua que fueron tomadas del río Zaña.

T1; T2; T3: corresponden a tres fechas diferentes de muestreo.

3.2. Población y muestra de estudio

La Población estuvo conformada por la cuenca del río Zaña en la provincia de Chiclayo, en un área aproximada de 1570 kilómetros cuadrados; Oyotún (455.4), Nueva Arica (208.63), Cayaltí (162.86), Zaña (33.9), Mocupe-Lagunas (429.27). (INEI, 2007).

La muestra de agua, se obtuvo de tres puntos específicos del río Zaña, empezando por el límite fronterizo entre Lambayeque y Cajamarca y terminando a un kilómetro antes de desembocar al mar. Cabe resaltar que las condiciones de año no lluvioso determinó que en el tiempo de muestreo establecido se efectúen solamente un muestreo inicial de los 3 puntos en el mes de noviembre, mientras que en los otros dos muestreos en los meses de diciembre y enero, se realizaron solo en dos puntos ya que no había el agua suficiente en los puntos de la parte más baja de la cuenca.

3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1. Ubicación de los puntos de muestreo:

Se tuvo en cuenta tres criterios importantes para la selección de los puntos de muestreo;

Identificación: El punto de muestreo debe ser identificado y reconocido claramente, de manera que permita su identificación exacta en muestreos futuros. Para la determinación de la ubicación se utilizó el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), el mismo que registró las coordenadas en UTM y en sistema WGS84.

Accesibilidad: Que permita un rápido y seguro acceso al lugar establecido para tomar la muestra.

Representatividad: Se eligieron puntos donde el río estuvo lo más regular, accesible y uniforme en profundidad. Es importante considerar la referencia para la ubicación de un punto de monitoreo pudiendo ser un puente, roca grande, árbol, localidad, etc.

Todos los puntos de muestreo deben estar georeferenciados para plasmarlos en mapas, de manera que se pueda retornar a ellos con facilidad. Debe fotografiarse el lugar y tomar nota de alguna característica geográfica permanente. De ser posible, debe colocarse un hito en la orilla.

3.3.2. Registro de datos de campo:

Ficha de registro de campo: Utilizada en el monitoreo y que debe acompañar al Informe Técnico que elabore el profesional que realice la actividad, deberá contener la siguiente información:

Se registrará el código del punto de muestreo, origen de la fuente, descripción clara y definida del punto de muestreo, hora y fecha de muestreo, localidad, distrito, provincia y departamento, coordenadas de ubicación del punto de muestreo, datos personales

de quien realizó la toma de muestra, las condiciones climáticas y otras observaciones pertinentes en el punto de muestreo.

Se registrarán todas las mediciones realizadas en el monitoreo.

Los datos requeridos en la Ficha de Registro se muestran en el Anexo IV “Ficha de Registro de medición de datos de Campo”.

Frecuencia del muestreo:

Se realizará durante los meses de Noviembre, diciembre del año 2014 y enero del año 2015. Un muestreo por mes.

Localización del área de estudio:

Para los muestreos se seleccionarán 3 puntos representativos del área de estudio, los cuales se denominaron: Punto de muestreo 1 Puente El Espinal, Punto de muestreo 2 (Badén El Examen), Punto de muestreo 3 (Puente Zaña).

Se realizaron 3 repeticiones de cada muestreo; el primero se realizó en noviembre del 2014; el segundo en diciembre del 2014 y el tercero en enero del 2015.

3.3.3. Protocolo de muestreo de agua:

Actualmente no existen normas absolutas para la elección de puntos para recoger las muestras ya que esa selección está íntimamente relacionada a las condiciones locales, que varían de acuerdo al lugar. Para el presente trabajo se localizó los puntos estratégicos para muestreo por medio de mapas cartográficos, GPS, fotografías satelitales y visitas a los propios lugares.

Se determinó en cada punto de muestreo parámetros hidrológicos y meteorológicos en campo: coordenadas, hora, altitud (msnm), presión atmosférica (Hpa), viento (m/s), nubosidad (%), humedad relativa (%), temperatura de agua (°C) y temperatura ambiental (°C), pH, transparencia, color aparente, conductividad ($\mu\text{s/cm}$),

sólidos disueltos totales (mg/L), materia flotante, presencia de peces.

Los parámetros de muestreo fueron determinados considerando lo señalado en la Ley General de Aguas (D.L. N° 17752 y sus modificatorias D.S. N° 007-83-SA y D.S. N° 003-2003-SA), referidos a los valores límites establecidos por la Clase VI (Zonas de Preservación de Fauna Acuática y Pesca Recreativa o Comercial). Adicionalmente, considerando la publicación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 002-2008-MINAM), se ha realizado la evaluación y análisis también considerando esta norma legal, referidos a los valores establecidos por la Categoría IV (Conservación del Ambiente Acuático).

Los parámetros fueron registrados in situ y a través de la recolección de muestras en los diferentes puntos de muestreo, las cuales fueron analizadas en laboratorios acreditados.

Tabla 02: Requisitos para toma de muestras de aguas y su manipulación¹
Determinaciones químicas

Parámetro	Material de envase	Volumen mínimo (ml)	Preservación	Tiempo de almacenamiento
pH	Determinación en Campo			
Temperatura	Determinación en Campo			
Mercurio	P,V	500	Adicionar 20 gotas de HNO ₃ y refrigerar a T° de 0 a 12 °C.	3 meses
Arsénico	P,V	500	Adicionar 20 gotas de HNO ₃ y refrigerar a T° de 0 a 12 °C.	3 meses
Cadmio	P,V	500	Adicionar 20 gotas de HNO ₃ y refrigerar a T° de 0 a 12 °C.	3 meses
Cianuros	P,V	1000	Adicionar dos lentejas de NaOH; y refrigerar a T° de 0 a 12 °C en la oscuridad.	14d
Cromo	P,V	500	Adicionar 20 gotas de HNO ₃ y refrigerar a T° de 0 a 12 °C.	3 meses

(1) Basado en los métodos normalizados para análisis de aguas. EPA Method 200.7 (As, Cd, Cr), 335.2 (CN) , 245.7 (Hg).

3.3.4. Protocolo de muestreo y análisis:

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente las muestras, para esto se siguió las recomendaciones establecidos en los “Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales – American Public Heal Association, American Waer Works, Association Water Pollution Control Federation 20th Edition, 1998”.

Consideraciones Generales:

- Los frascos requeridos deben ser de polietileno (preferencia primer uso) o vidrio, los cuales deben estar limpios y secos para evitar contaminación.
- Todo equipo deben está debidamente calibrados.
- Las muestras requieren almacenamiento a baja temperatura y/o preservación con químicos para mantener su integridad durante el transporte y antes del análisis en el laboratorio.
- Los preservantes químicos más comunes son ácido clorhídrico, nítrico, sulfúrico e hidróxido de sodio. Tener cuidado en su manipulación.
- Las cajas térmicas usadas para el transporte de las muestras deberán ser apropiadas para almacenar las muestras tomadas, materiales de empaque y hielo.
- Llenar los registros de cada muestra recolectada (ficha de muestreo) e identificarlos.
- Materiales de laboratorio como pizeta, pipetas y/o goteros, bombilla de succión y frascos de plástico y vidrio según el requerimiento de análisis.

Toma, preservación y conservación de muestras de agua:

Es importante considerar las etapas que se tiene que dar en todo proceso de muestreo, con la finalidad que la muestra sea lo más representativa posible y así asegurar la integridad desde su recolección hasta el reporte de los resultados por ello se debe tener en cuenta lo siguiente:

Toma de Muestras:

- Para la toma de muestras en ríos evitar las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas.
- La toma de muestra se realizó en el centro de la corriente a una profundidad de acuerdo al parámetro a determinar.

Medición de parámetros en campo:

- Se recomienda que la medición de los parámetros en campo se realice tomando una muestra del recurso hídrico utilizando un balde limpio (realizar el enjuague) o pudiéndose realizar directamente en el recurso hídrico.
- En primer lugar deberá medirse oxígeno disuelto y luego el pH, conductividad eléctrica.

Preservación de las muestras de agua:

- Una vez tomada la muestra de agua, se procede a adicionarle el preservante requerido de acuerdo a lo estipulado en el ANEXO X “Requisitos para toma de muestras de agua y manipulación”.
- Una vez preservada la muestra, cerrar herméticamente el frasco y para mayor seguridad encintar la tapa para evitar cualquier derrame del líquido.

Identificación de las muestras de agua:

Los recipientes fueron identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta, escrita con letra clara y legible la cual debe ser protegida con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:

- 1.- Número de Muestra (referido al orden de toma de muestra).
- 2.- Código de identificación (punto y/o estación de muestreo).
- 3.- Origen de la fuente.
- 4.- Descripción del punto de muestreo.
- 5.- Fecha y hora de la toma de la muestra.
- 8.- Preservación realizada, tipo de preservante utilizado.
- 9.- Tipo de análisis requerido.
- 10.- Nombre del responsable del muestreo.

- El Modelo de Etiqueta se adjunta en ANEXO IX “Requisitos para etiqueta de identificación de muestras de agua”

Conservación y envío de las muestras de agua:

- Las muestras recolectadas fueron conservadas en cajas térmicas (Coolers) a temperatura indicada en el ANEXO VI “Requisitos para toma de muestras de agua y manipulación”, disponiendo para ello con preservantes de temperatura (Ice pack, otros).
- Los recipientes de vidrio se embalaron con cuidado para evitar roturas y derrames. En el caso de utilizar hielo, colocar este en bolsas herméticas para evitar fugas de la caja donde se transportan las muestras de agua.
- Las muestras recolectadas para análisis físico químicos se entregaron al laboratorio en el menor tiempo posible, preferentemente dentro de las 24 horas de realizado el muestreo.

Procesamiento de Muestras:

Las muestras fueron procesadas en el laboratorio ENVIROLAB Perú, donde se realizara el proceso de análisis químico. Finalmente, las lecturas analíticas se realizaron en el espectrofotómetro de absorción atómica modelo 6701F-Shimadzu con sistema automatizado en horno de grafito y flama.

Materiales y Métodos:

Equipos y Material de Vidrio: Equipos y Material:

- Espectrofotómetro de absorción atómica modelo 6701F-Shimadzu
- Balanza analítica
- Cocina eléctrica
- Destilador de agua
- Refrigerador
- Erlenmeyer, fioles, pipetas, embudos, balones, vasos de precipitado, etc.
- Salinómetro.
- Botella Niskin.

3.4. PLAN DE PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS

SOFTWARE UTILIZADO

El paquete estadístico utilizado para realizar el análisis es el Minitab versión 17 y Microsoft Excel 2010, por ser softwares versátiles para este tipo de estudios. Son programas de fácil manejo, tienen como soporte el entorno Windows y permite importar datos con diferentes formatos.

TECNICAS APLICADAS A AGUAS: ANALISIS UNIVARIANTE

Se aplicaron técnicas de estadística descriptiva a los resultados obtenidos en los análisis químicos de 4 elementos metálicos seleccionados, y realizados en las 7 muestras de agua tomadas en el Río Zaña y seleccionadas para el presente estudio.

IV. RESULTADOS:

4.1. AREA DE ESTUDIO

4.1.1. Ubicación del área de estudio

La Cuenca del río Zaña, que forma parte del sistema hidrográfico de la vertiente del pacífico, se encuentra ubicada entre los paralelos 06°46' y 07°06' de latitud sur y los meridianos 78°54' y 79°44' de longitud oeste. el presente estudio abarco desde punto limítrofe entre Lambayeque y Cajamarca hasta el Distrito de Lagunas (anexo II).

4.1.2. Demarcación Hidrográfica La cuenca del río Zaña

La Cuenca del río Zaña forma parte de la vertiente del océano pacífico y limita con las siguientes cuencas:

Por el Norte: Cuenca del Río Chancay-Lambayeque

Por el Este: Cuenca del Río Jequetepeque y Chancay-Lambayeque

Por el Sur: Cuenca del Río Jequetepeque

Por el Oeste: Océano Pacífico

4.1.3. Demarcación Política.

Políticamente, la cuenca se encuentra ubicada en las regiones Lambayeque y Cajamarca, correspondiendo Santa Cruz y San Miguel al departamento de Cajamarca, y ocupando 5 distritos de la provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque (Oyotún, Nueva Arica, Zaña, Lagunas-Mocupe y Cayaltí) (anexo III).

4.1.4. Demarcación Administrativa

La administración de las aguas de uso agrario y no agrario en el ámbito del presente estudio dependen jerárquicamente en primera instancia a la Autoridad Nacional del Agua y a nivel local está a cargo de la Administración Local de Aguas (ALA), Zaña.

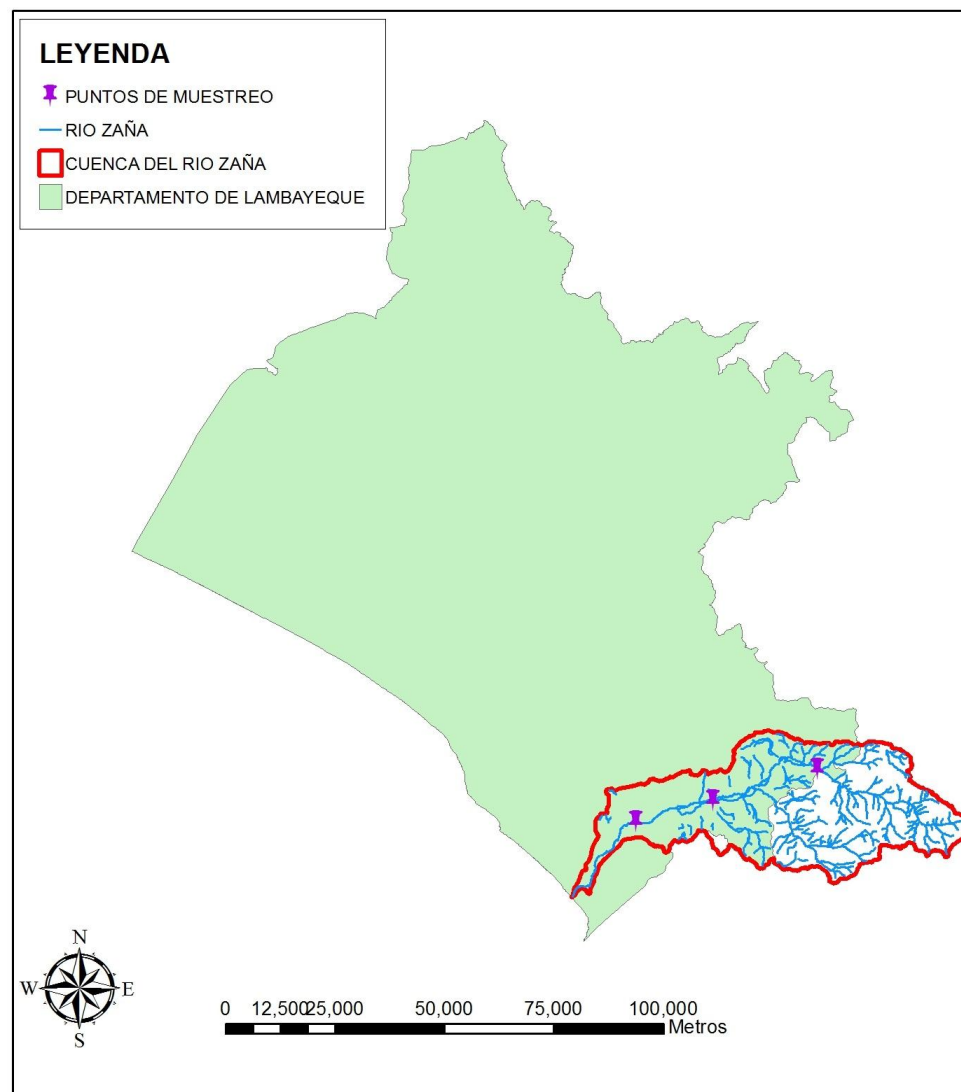


Figura. 1. – Ubicación del río Zaña, Chiclayo - Lambayeque.

4.2. MEDIO BIOLOGICO DEL AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio de la cuenca zaña (media- baja), comprende 6 zonas de vida según Holdridge , así tenemos:

a. desierto desecado-Premontano Tropical (dd-PT)

Esta zona de vida es la primera partiendo desde la costa, ubicada en la parte baja de la cuenca, entre el litoral. Se caracteriza por un clima extremadamente árido con temperaturas semi-cálidas, las precipitaciones son prácticamente nulas y muy escasas, oscilando entre 0,38 mm y 21,6 mm y las temperaturas media varían entre 18°C y 24°C, correspondiente al sector del valle. El relieve topográfico es plano a ligeramente ondulado, variando a abrupto. La vegetación es nula hacia la costa o muy escasa en dirección este representada por especies halófitas. En esta zona, se asientan los poblados de Nuevo Mocupe, Ucupe, Mocupe, Pueblo Libre, Tupac Amaru, Monte Cruz y Canascoche, del distrito de Lagunas; Potreros, La Parra, Liviche, Hda. La Otra Banda, Barrio Nuevo y Las Ánimas del distrito de Zaña. Abarca asimismo pequeños sectores de los distritos Eten y Eten Puerto.

El uso agropecuario mayormente se ubica en el valle que dispone de riego permanente. Potencialmente, en la mayoría de las tierras actualmente eriazas, es posible mediante riego, llevar a cabo o fijar una agricultura de carácter permanente y económicamente productiva

b. desierto superárido – Premontano Tropical (ds-PT)

Esta formación ecológica se extiende a lo largo del litoral, comprendiendo los llanos costeros y las estribaciones bajas de la vertiente occidental andina, entre el nivel del mar y los 1 000 metros de altitud. Se caracteriza por un clima de tipo árido y semi-cálido, es decir, con precipitaciones pluviales bajas, del orden de los 32,5 mm como promedio anual, variando desde los 5,4 mm en el nivel altitudinal inferior hasta los 59,6 mm., en el nivel superior; la temperatura promedio anual se estima en 20° C. El

relieve varía desde plano u ondulado hasta inclinado a empinado, este último cuando la zona de vida cubren las estribaciones de los andes occidentales.

La vegetación es un tanto más abundante que en la zona de vida anterior, aparecen arbustos xerófilos, como gramíneas efímeras, en aquellos lugares un tanto más húmedos, propios de las vegas y al lado de las riberas del río.

Comprende un sector de la cuenca baja y está conformado por los siguientes poblados: El Gavilán, Saltrapon, El Porvenir, Las Tres Compuertas, El Potrero, Santa María, Salitral, San Ismael, Hda. Palomino, San Nicolás, Caminos del Inca, Naylamp, Popan Bajo, San Antonio, Zaña, La Chacarilla, Nuevo México, Medio Mundo, pertenecientes al distrito de Zaña; así como los poblados San Baldomero, Mata Indio, Santa Sofía, Cacharilla, Las Adelines, Hda. Cayalti, Santa Rosa, Santa Rosa Alta, La Melchora, Taime Alto, Corral de Palos, Cerro León, El Cafetal, La Garita, Huaca Tendida, Guayaquil, Huaca La Ternera, La Humedad, San Marcos, Lindero Chilcal del distrito Cayalti.

La mayor extensión de esta zona de vida carece de actividad agrícola y pecuaria, salvo en aquellos lugares en los que se dispone de agua de regadío. Los terrenos con riego acusan un alto valor agrícola, debido a las condiciones ecológicas muy favorables para la fijación de un amplio cuadro de cultivos tropicales y subtropicales, tanto intensivos y permanentes.

c. matorral desértico – Premontano Tropical (md-PT)

Esta formación ecológica se extiende a lo largo del litoral, comprendiendo los llanos costeros y las estribaciones bajas de la vertiente occidental andina, entre el nivel del mar y los 1 900 metros de altitud. Se caracteriza por un clima de tipo árido y semi-cálido, es decir, con precipitaciones pluviales altas, del orden de los 135 mm como promedio anual, variando desde los 5,4 mm en el nivel altitudinal inferior hasta los 245 mm., en el nivel superior; la temperatura promedio anual se estima en 25° C. El

relieve topográfico varía entre ondulado y quebrado con algunas áreas de pendientes suaves (parte central del valle).

La vegetación está compuesta por árboles pequeños, algunas veces muy achaparrado, como el “sapote” y arbustos como el “bichayo, así como una vegetación herbácea rala en su mayoría, como gramíneas pequeñas de corto periodo vegetativo, las cactáceas se encuentran presentes.

Conforma una franja transversal a la cuenca entre los 600 y 1200 m.s.n.m., que atraviesa a los distritos Oytún y el distrito Nueva Arica.

La mayor parte de los terrenos de estas zonas de vida es utilizada para el pastoreo de ganado caprino, aprovechando los pastos estacionales que prosperan durante el periodo de lluvias veraniegas. En los terrenos con dotación de riego, se lleva a cabo una agricultura en pequeña escala, muchas veces solamente de carácter de subsistencia.

d. matorral desértico –Tropical (md-T)

Geográficamente se distribuye en la costa muy cerca de las estribaciones occidentales de la cordillera de los andes, sobre una extensión superficial de 325,18 km² , equivalente al 18,53 % del área de la cuenca. Posee un clima perárido - cálido, con temperatura media anual entre 23,5 °C, precipitación pluvial total media anual entre 125 y 225 mm. La cubierta vegetal está conformada por especies arbóreas aisladas, constituyendo rodales. Entre las principales se encuentran el “algarrobo” *Prosopis pallida*, “sapote” *Capparis angulata*, “bichayo” *Capparis ovaleifolia*, “overo” *Cordia lutea*, etc. Existe una cactácea que caracteriza a esta zona de vida, de porte columnar grueso y prismático del género *Neoraimondia*. Además se puede distinguir una cubierta de gramíneas de corte período vegetativo, que emerge con las lluvias veraniegas. En las tierras con riego dentro de esta zona de vida se cultiva pan llevar y frutales tropicales. Potencialmente se puede desarrollar la actividad agropecuaria en forma permanente y económicamente rentable si se dota de agua para regadío. Se localiza entre los 200 y 600 m.s.n.m., en mayor proporción en los distritos de Oytún y en menor proporción en el distrito de Nueva Arica.

e. monte espinoso – Premontano Tropical (me-PT)

Esta formación ecológica se circunscribe mayormente hacia el lado de la vertiente occidental de los andes, donde adquiere su máxima extensión significativa, altitudinalmente, se extiende entre los 500 y los 2 300 msnm. Se caracteriza por un clima de tipo semiárido, es decir, con precipitaciones pluviales altas, del orden de los 250 mm como promedio anual, siendo la temperatura promedio anual de 22° C. La configuración topográfica es predominantemente quebrada, alternada con escasas áreas relativamente suaves situadas a lo largo del río o fondo del valle.

En lugares pedregosos o rocosos, donde hay excesivo pastoreo, las cactáceas forman a veces rodales casi puros, entremezclados con arbustos y gramíneas pequeñas. Por otro lado, debido a que esta zona de vida, hacia el flanco occidental andino, se ve afectado por neblinas, la vegetación arbórea y a veces los arbustos y los cactus se recubren de epífitas. Constituye una franja transversal paralela al Matorral desértico-Premontano Tropical, atravesando el distrito de Oyotún.

f. estepa espinosa – Montano Bajo Tropical (ee-MBT)

Esta formación ecológica se circunscribe mayormente hacia el lado de la vertiente occidental de los andes, donde adquiere su máxima extensión significativa, altitudinalmente, se extiende entre los 2 000 y los 3 100 msnm. Se caracteriza por un clima de tipo semiárido, es decir, con precipitaciones pluviales altas, del orden de los 300 mm como promedio anual, siendo la temperatura promedio anual de 15° C. El relieve topográfico es predominantemente empinado, ya que fisiográficamente ocupan las laderas largas del flanco occidental y las paredes del valle interandino.

Presenta una fisonomía dominante semiárida que se cubre durante los meses de lluvias veraniegas de una vegetación estacional que es aprovechada para el pastoreo de ganado caprino, principalmente, durante el resto del año, prevalecen especies xerofíticas. Esta zona de vida tiene poca precipitación y por lo tanto no permite llevar una agricultura de

secano, con riego se puede cultivar una gran variedad de especies y algunos frutales de hueso. Se ubica en las partes altas de la cuenca en la zona de nacientes ubicadas en el distrito Oyotún.

4.3. RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

La cuenca del río Zaña presenta 82 fuentes de agua superficial, entre quebradas, manantiales y ríos.

5.3.1. Ríos: Estos se encuentran ubicados en la parte alta del valle de Zaña; siendo 9, estos sus aguas son de uso agrícola mayormente en terrenos de cultivo próximos al cauce de los ríos, también para el uso como agua para consumo humano y pecuario.

5.3. 2. Quebradas: En la cuenca del río Zaña, existe 49 quebradas, de las cuales 49 tienen uso agrícola, 35 es de uso agrícola/pecuario y 13 tienen uso poblacional/agrícola

5.3.3. Manantiales: se reportan para la cuenca del río Zaña 17 manantiales que son utilizadas mayormente para la actividad agrícola y pecuaria, 1 para uso de la población; estos se encuentran ubicados principalmente en las zonas altas y medias de la cuenca.

4.4. MEDIO SOCIO ECONOMICO DEL AREA DE ESTUDIO.

4.4.1. Demografía.

La población total de los cinco distritos ubicados dentro del ámbito del presente estudio en la cuenca del río Zaña, según el reporte del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) asciende a 51 044 habitantes. En el Cuadro N°1, se muestra la distribución por distritos.

Tabla 03: Población de los distritos ubicados en el ámbito de estudio.

Distritos	Población al 2014 habitantes
Zaña	12 354
Nueva Arica	2 367
Oyotun	9 949
Lagunas	10 198
Cayalti	16 176
Total	51 044

Fuente: INEI 2014

Tasa de crecimiento.

La tasa de crecimiento según el reporte del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), tiene una tendencia negativa en 4 de los 5 distritos, siendo el distrito de Lagunas el que presenta crecimiento positivo y se distribuye de la siguiente manera:

Tabla 04: Densidad poblacional de los distritos ubicados en el ámbito de estudio.

Distritos	Tasa de crecimiento
Zaña	-0.00067
Nueva Arica	-0.0015
Oyotun	-0.0012
Lagunas	0.001
Cayalti	-0.0016

Fuente: INEI 2007

4.4.2. Actividades productivas.

Agricultura

La actividad agrícola es una de las actividades importantes a lo largo de la cuenca, generalmente está se desarrolla en la parte baja de la cuenca del río Zaña, es decir a nivel de valle y bajo el régimen de secano, comúnmente el tipo de riego es por gravedad en el ámbito de las organizaciones de usuarios. Los principales cultivos instalados en la

parte baja del valle se programan principalmente al plan de cultivo de riego (PCR), que se elabora anualmente, en el cual se programa a nivel anual la campaña agrícola; siendo los siguientes: maíz amarillo, caña de azúcar, arroz, algodón y yuca. Ocupando más de 50% del área cultivada los sembríos de El maíz amarillo y la caña de azúcar.

Ganadería.

La actividad principal de la cuenca media y alta es la ganadería y representa el mayor ingreso para los pobladores de esta parte de cuenca, los principales animales son: ganado vacuno, ovino, porcino y otros. La existencia de pastos naturales, cultivos de forrajes y pastos cultivados favorecen la crianza del ganado, siendo los vacunos de doble propósito (carne y leche), los ovinos para carne y porcinos (carne).

4. 4.3. Uso consuntivo de los recursos hídricos.

La posibilidad de utilizar esta agua proveniente de los ríos en el sector agrícola resulta crucial en las zonas áridas y semiáridas de la costa Lambayecana y en todo el país, los usos del agua en el Perú en general presentan prácticas ineficientes que se suman a los problemas de distribución. Además de que estas aguas son de uso de la población en el ámbito doméstico para satisfacer sus necesidades cotidianas así mismo también en las actividades económicas, de esta manera las dos modalidades principales de uso consuntivo del agua son: (a) el uso agrícola, a sabiendas de que la agricultura es la principal actividad productora de alimentos, pero también el sector que, de lejos, más recursos hídricos consume, con serios problemas de eficiencia; y, (b) el uso minero del agua, por los impactos específicos que genera la minería sobre el ambiente y sobre la disponibilidad y calidad del agua, particularmente en algunas cuencas con muy limitada oferta hídrica.

En el ámbito de estudio correspondiente a la cuenca baja el mayor uso del agua es el uso agrícola, el cual es administrado por 3 sectores de riego, con 10 comisiones de regantes distribuidos en 5 distritos.

Tabla 05: Comisiones de regantes en el valle Zaña.

Sector de riego	Sub-sector de riego	Comisión de regantes	Área total (ha)
Oyotun	Virú	Virú	518.23
	Espinal	Espinal	619.59
	Oyotun	Oyotun	1628.41
Zaña	Nueva Arica	Nueva Arica	1787.95
	Cayalti	Cayalti	5586.47
	Zaña	Zaña	429.61
Mocupe		La otra Banda	1867.97
	Mocupe	Mocupe	1026.54
		Ucupe	3408.87
	Rafan-Lagunas	Lagunas	1789.89
Total			18663.52

Fuente: Autoridad Local del Agua Zaña.

4.5. MARCO LEGAL

En el Perú el marco legal da a los usuarios e instituciones encargadas de la gestión y manejo de recurso agua las directrices para una adecuado desempeño de su rol, y con ello poder estimular la inversión en la conservación y el uso eficiente de un recurso, donde se ha definido y propuesto una tratamiento del recurso con una visión de cuenca, gestión integrada, participativo y cultura del agua, así mismo se ha establecido los Estándares de calidad ambiental del agua que permiten determinar la calidad del recurso, el cuadro N° 4, se cita los más importantes.

Tabla 06: Principales normas relacionadas con la calidad del agua en el Perú.

NORMATIVA PRINCIPAL DE CALIDAD DE AGUA EN EL PERÚ		
Constitución Política del Perú	1993	Carta Magna
Ley N° 26821	25.06.1997	Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales
Ley N° 26842	20.07.1997	Ley General de Salud
Ley N° 28611	23.06.2005	Ley General del Ambiente
Ley N° 27314	10.07.2000	Ley General de Residuos Sólidos
DL N° 1013	14.05.2008	Creación, organización y funciones del Ministerio del Ambiente
Ley N° 29338	30.03.2009	Ley de Recursos Hídricos que deroga el D.L. N° 17752 (Ley General de Aguas)
Ley N° 26338	27.07.1994	Ley General de Servicios de Saneamiento
Ley N° 30045	18.06.2013	Ley de Modernización de los Servicios de Saneamiento
DS N° 023-2005-VIVIENDA	01.12.2005	Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, Ley N°26338
DS N° 002-2008-MINAM	31.07.2008	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
DS N° 005-2011-AG	08.06.2011	Dicta disposiciones que regula el reuso de aguas residuales tratadas
DS N° 001-2010-AG	23.03.2010	Aprueba el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos
DS N° 003-2010-MINAM	16.03.2010	Aprueba los LMP para efluentes de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR)
DS N° 023-2009-MINAM	18.12.2009	Aprueba las disposiciones para la implementación de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua
DS N° 021-2008-AG	25.09.2008	Aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1081 que crea el Sistema Nacional de Recursos Hídricos

DS N° 057-2004-PCM	22.07.2004	Aprueba el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos
DL N° 1147	10.12.2012	Regula el fortalecimiento de las Fuerzas Armadas en la competencia de la Autoridad Marítima Nacional – Dirección General de Capitanías y Guardacostas
Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA	22.03.2010	Clasificación de los cuerpos de agua superficiales
Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA	17.06.2013	Aprueba el nuevo reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reuso de agua residuales tratadas
Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA	06.04.2011	Aprueba el Protocola Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Aguas Superficiales
Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA	27.03.2010	Aprueba la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros
Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA	30.04.2010	Dicta medidas que permitan la implementación del programa de adecuación de vertimiento y reuso de agua residual - PAVER

Fuente: Elaboración Propia

4.6. FUENTES CONTAMINANTES

La Autoridad Nacional del Agua identifica 37 fuentes contaminantes del río Zaña desde su punto de inicio hasta la desembocadura del mismo en el distrito de Lagunas.

Tabla 07: Fuentes contaminantes del río Zaña

TIPO	NUMERO
Vertimientos de aguas residuales	15
Botaderos municipales	11
Pasivos ambientales mineros	11
Total	37

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA) 2012

En el área de estudio se identifican 14 fuentes contaminantes considerando desde la línea limítrofe entre Lambayeque y Cajamarca hasta la desembocadura del río Zaña en el distrito de Lagunas, de las cuales 4 son pasivos ambientales mineros. (anexo IV).

Tabla 08: Fuentes contaminantes del río Zaña en el ámbito del estudio.

TIPO	NUMERO
Vertimientos de aguas residuales	5
Botaderos municipales	5
Pasivos ambientales mineros	4
Total	14

Fuente: Elaboración propia.

4.7. CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO:

En el presente estudio, se propusieron cinco (5) puntos de muestreo a lo largo del recorrido del río Zaña en el departamento de Lambayeque, pero se tomaron tres (3) debido a que dos de los puntos propuestos que se encontraban en la parte baja de la cuenca, en el momento de toma de muestras no presentaban agua en el río (mes de diciembre) (anexo V, VI); así tenemos tres puntos de muestreo (Cuadro N° 7) que se describen a continuación:

Tabla 09: Puntos de Muestreo de agua superficial de la Cuenca del Río Zaña. Parte media-baja.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	REFERENCIA	DISTRITO	ESTE	SUR	COTA m.s.n.m
MR-PT-01	PUENTE EL ESPINAL	OYOTÚN	697909	9245868	333
MR-PT-02	BADÉN EL EXAMEN	NUEVA ARICA	674162	9238666	120
MR-PT-03	PUENTE DE ZAÑA	ZAÑA	656456	9233739	51

Fuente: Elaboración Propia.

El Punto de Muestreo N° 01 está ubicado en el límite de los departamentos de Cajamarca y Lambayeque, en el Puente Espinal. Geográficamente corresponde a la cuenca media del río, en el distrito de Oyotún, sobre los 333 msnm. El caudal de agua en este punto es regular, con movimiento rápido, recibiendo una recarga constante de las quebradas afluentes cercanas. El sustrato es rocoso y con grava lo que permite el deslizamiento de las aguas. La coloración de la misma presenta un aspecto físico transparente y es utilizada en el medio para el cultivo de arroz, principalmente. Para el estudio, en este punto se realizaron tres muestreos longitudinales, en los meses de Noviembre y Diciembre del 2014 y Enero del 2015, en horas de la mañana (Código de muestreo MR-PT-01), siendo las condiciones climáticas similares en los tres momentos, en época con ausencia de lluvias.

El Punto de Muestreo N° 02 se ubica cerca del lugar de descarga del Badén El Examen, al oeste del distrito de Nueva Arica, en la cuenca baja del río Zaña, a una altitud de 120 msnm (Código de muestreo MR-PT-02). Este punto está rodeado por una abundante vegetación ribereña a ambos lados del cauce del río, principalmente plantas de carrizo y sauce; el movimiento de agua es más o menos rápido pero la transparencia es menor comparándola con el agua del punto anterior. En este punto, se realizaron tres muestreos en los meses de Noviembre y Diciembre del 2014 y Enero del 2015, respectivamente., en horas de la tarde. En este lugar el uso que se le hace a las aguas corresponde al riego de cultivo de caña, principalmente y de otros cultivos como el de ají pprika, que se realizan en grandes extensiones.

El punto de muestreo N° 03, se ubica en las inmediaciones del Puente Zaña, transversal a la Panamericana Norte, también en la parte baja de la cuenca, a una altitud de 51 msnm (Código de muestreo MR-PT-03). El agua en este punto presenta un movimiento lento ya que el terreno es mucho más plano que los anteriores puntos, lo que permite que se formen pequeños estanques y pueda ser utilizado por el ganado vacuno de la zona y además sea

contaminada por residuos sólidos por parte de las poblaciones cercanas; asimismo, el agua presenta mayor turbidez. En este punto se realizó un solo muestreo, por la tarde, en el mes de noviembre del 2014.

4.8. RESULTADOS DE LOS MUESTREOS.

De manera general, los resultados muestran que los metales pesados analizados: Cianuro libre (CN), Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Mercurio (Hg), en el agua del río Zaña, presentan concentraciones por debajo del nivel detectable, según procedimiento, tanto en la cuenca media como en la baja, (Tabla 10) (anexo VII), con lo que se puede afirmar que no existe contaminación por los mismos si los comparamos con los Estándares de Calidad ambiental para aguas (ECA-Perú-Agua), teniendo en cuenta las diferentes condiciones de uso (ANEXO VIII).

Tabla 10: Resultados generales de las concentraciones de metales pesados según muestreos.

23-nov-14					
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CN	As	Cd	Cr	Hg
MR-PT-01	ND(<0,004)	ND(<0,007)	ND(<0,001)	ND(<0,001)	ND(<0,000 1)
MR-PT-02	ND(<0,004)	ND(<0,007)	ND(<0,001)	ND(<0,001)	ND(<0,000 1)
MR-PT-03	ND(<0,004)	ND(<0,007)	ND(<0,001)	ND(<0,001)	ND(<0,000 1)
21-dic-14					
	CN	As	Cd	Cr	Hg
MR-PT-01	ND(<0,004)	ND(<0,007)	ND(<0,001)	ND(<0,001)	ND(<0,000 1)
MR-PT-02	ND(<0,004)	ND(<0,007)	ND(<0,001)	ND(<0,001)	ND(<0,000 1)
28-ene-15					
	CN	As	Cd	Cr	Hg
MR-PT-01	ND(<0,004)	ND(<0,007)	ND(<0,001)	ND(<0,001)	ND(<0,000 1)
MR-PT-02	ND(<0,004)	ND(<0,007)	ND(<0,001)	ND(<0,001)	ND(<0,000 1)

Fuente: ENVIROLAB Perú, 2014-2015, para el presente trabajo. (Todas las concentraciones en mg/litro).

En el caso de la evaluación del Cianuro Total (CN), se tiene que en todos los puntos de muestreo se encuentra con un nivel No Detectable (ND), es decir un nivel menor a 0,004 mg/litro. Comparándolo con los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas (ECA-Agua), esta concentración es menor que los valores límite para Cianuro en las clasificaciones de uso 1: Población y recreación: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (Código A1) y aguas superficiales destinadas a recreación (código B1); asimismo el resultado es menor para el límite de ECA-agua según uso 4: conservación del ambiente acuático, para el caso de los ríos (Fig. 2)

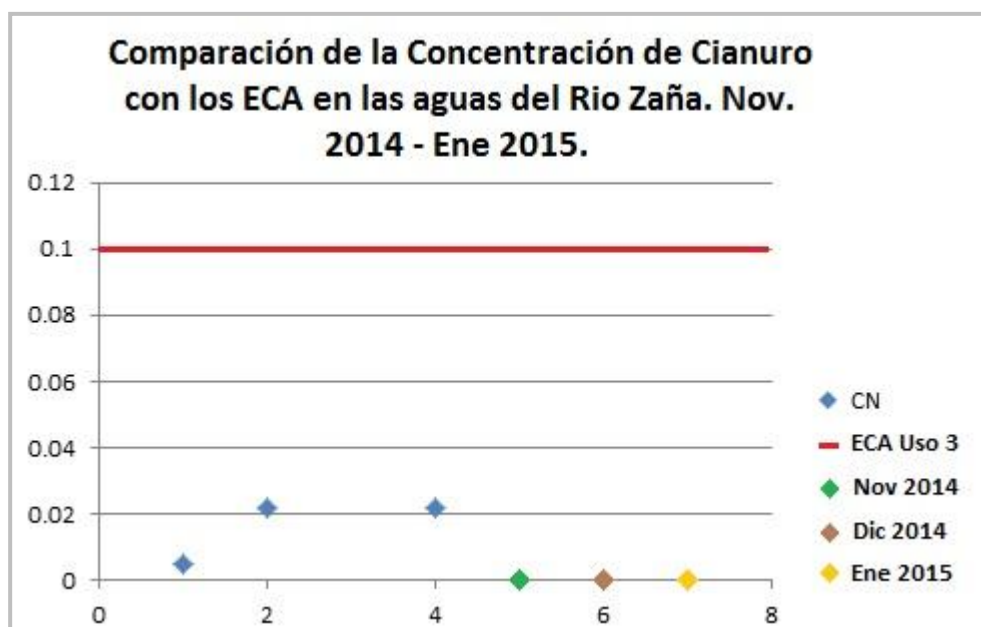


Figura 2. Resultados de la evaluación de Cianuro Total (CN) y comparación con ECA-aguas.

1. ECA aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.
2. ECA aguas superficiales destinadas a recreación.
3. ECA Uso 3 VEG: Riego de Vegetales/ Bebida para animales.
4. ECA Uso 4: Conservación del ambiente acuático.
- 5, 6, 7. Niveles de CN en la evaluación Nov. 2014-Ene-2015.

Las evaluaciones de arsénico total muestran niveles muy por debajo de las concentraciones mínimas para todos los casos señalados como Estándares de Calidad. En este caso, se compara con los estándares para la clasificación de uso 1: población y recreación: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (Código A1) y aguas superficiales destinadas a recreación (código B1); asimismo el uso 3: tanto para riego de vegetales (Uso 3 VEG) y bebidas de animales (Uso 3 ANIM.) y el uso 4: conservación del ambiente acuático (fig. 3)

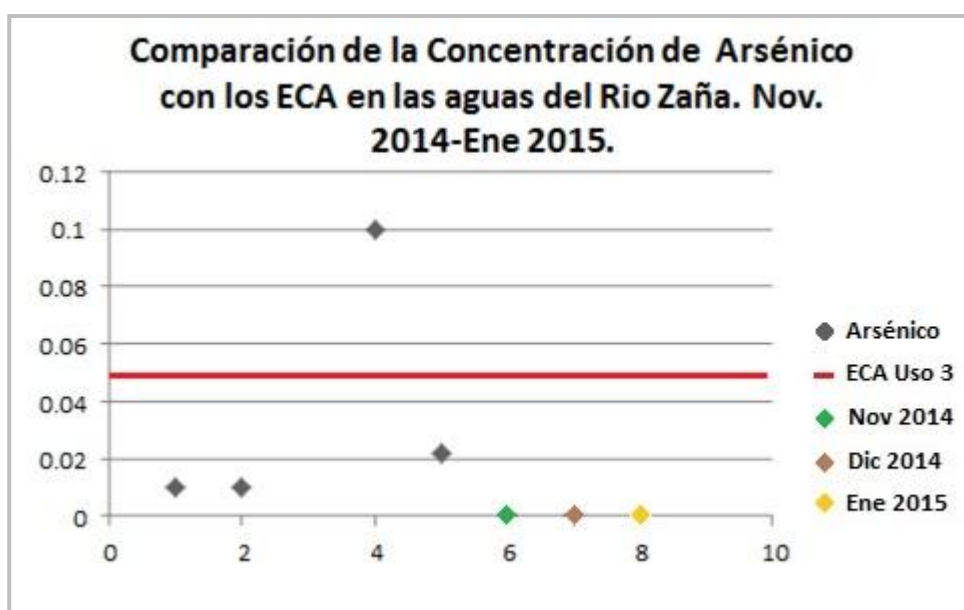


Figura 3. Resultados de la evaluación de Arsénico Total (As) y comparación con ECA-aguas.

1. ECA aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.
2. ECA aguas superficiales destinadas a recreación.
3. ECA Uso 3 VEG: Riego de Vegetales.
4. ECA Uso 3 ANIM: Bebida para animales.
5. ECA Uso 4: Conservación del ambiente acuático.
- 6, 7, 8. Niveles de As en la evaluación Nov.2014-Ene-2015.

En el caso de la concentración de cadmio total (Fig 4), se realizó el análisis tomando en cuenta los Estándares de Calidad para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (Código A1), para aguas superficiales destinadas a recreación (Código B1); de acuerdo al uso 3: riego de vegetales y bebida para animales y para el uso 4: conservación del ambiente acuático. En todos los casos los niveles de este metal según evaluación son menores al límite de los estándares de calidad.

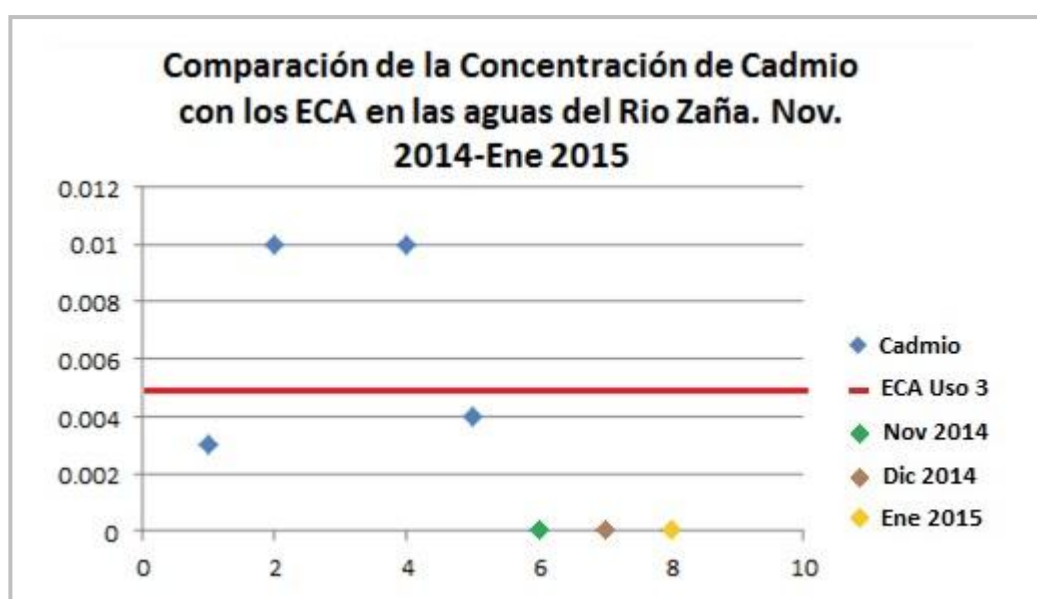


Figura 4. Resultados de la evaluación de Cadmio (Cd) y comparación con ECA-aguas.

1. ECA aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.
2. ECA aguas superficiales destinadas a recreación.
3. ECA Uso 3 VEG: Riego de Vegetales.
4. ECA Uso 3 ANIM: Bebida para animales.
5. ECA Uso 4: Conservación del ambiente acuático.
- 6, 7, 8. Niveles de As en la evaluación Nov.2014-Ene-2015

Para la determinación de las cantidades de cromo en las aguas del río Zaña, (Fig.5) se tiene que, si bien es cierto que las concentraciones halladas para este metal se encuentran por debajo de los límites máximos del Estándar de calidad de agua, es importante hacer notar que no se ha estimado el uso 3 en lo que respecta a Estándar de calidad de agua como bebida para animales, ya que se considera que éstos presentan una tolerancia al metal y por lo tanto el nivel máximo está en un rango elevado.

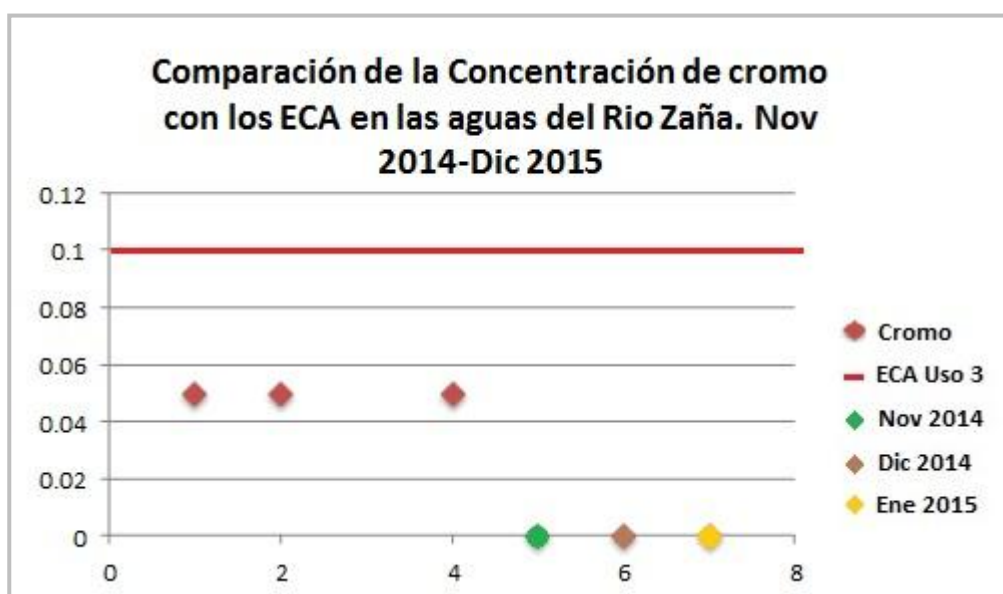


Figura 5. Resultados de la evaluación de Cromo (Cr) y comparación con ECA-aguas.

1. ECA aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.
2. ECA aguas superficiales destinadas a recreación.
3. ECA Uso 3 VEG: Riego de Vegetales.
4. ECA Uso 4: Conservación del ambiente acuático.
- 5, 6, 7. Niveles de As en la evaluación Nov.2014-Ene-2015

En cuanto a las concentraciones de mercurio (Hg), siguiendo los resultados del muestreo, los niveles corresponden a un grado No Detectable (ND <0.0001 mg/L) y según ello no habría problemas de contaminación por

este metal; sin embargo, los límites especificados en los Estándares de calidad, son bastante bajos, lo que no excluye que si exista el problema de contaminación de las aguas. En el caso de las categorías de uso 1: Población y recreación y uso 3: Riego de vegetales y bebida de animales, los estándares corresponden al nivel máximo de 0.001 mg/L; mientras que para uso 4: conservación del medio acuático es mucho menor: 0.0001mg/L.

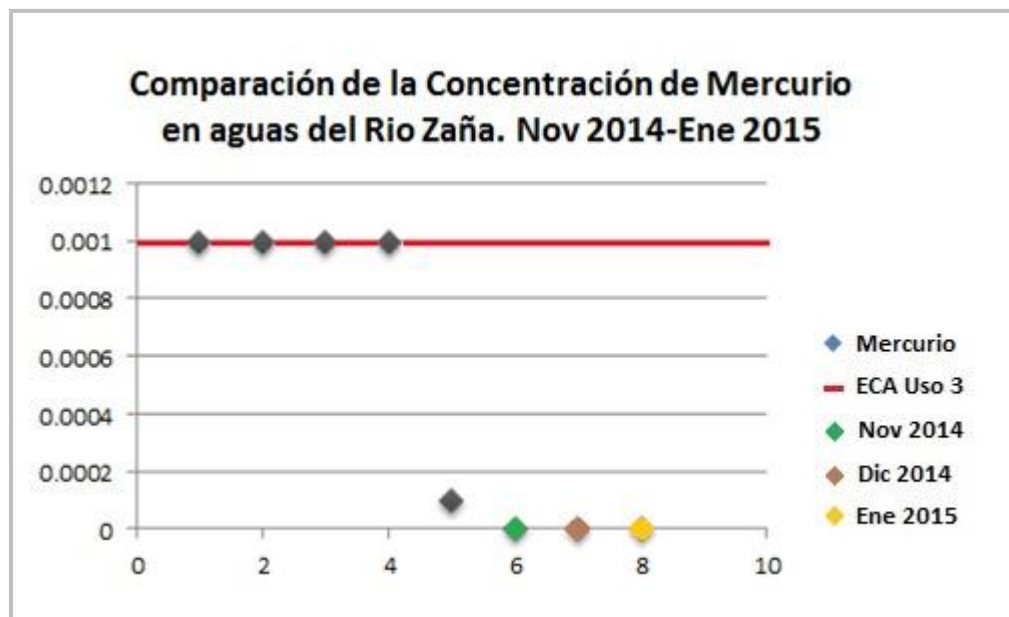


Figura 6. Resultados de la evaluación de Mercurio (Hg) y comparación con ECA-aguas.

1. ECA aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.
2. ECA aguas superficiales destinadas a recreación.
3. ECA Uso 3 VEG: Riego de Vegetales.
4. ECA Uso 3 ANIM: Bebida para animales.
5. ECA Uso 4: Conservación del ambiente acuático.
- 6, 7, 8. Niveles de As en la evaluación Nov.2014-Ene-2015

V. DISCUSIONES:

Si bien es cierto, la problemática referida a contaminación de las cuencas hidrográficas, se gestiona y maneja de manera local, conlleva una serie de factores producto de las interacciones humanas que se repiten de manera global, afectando no solamente a la salud humana (Manrique-Abril, 2006), sino a los ecosistemas del ámbito de influencia de las mismas (Escobar, 2002).

Diversos estudios sobre contaminación en diferentes cuencas de la vertiente occidental de nuestro país, reportan una serie de fuentes contaminantes que provienen de actividades domésticas (aguas residuales no tratadas y residuos sólidos, ANA, 2014) y vertimientos de las actividades mineras. Esta última, debido a la magnitud de las consecuencias, es abordada de diversas formas, teniéndose información sobre contaminación por metales pesados en los cuerpos de agua, (Alvitez, 2008; Bernex y Oblitas, 2008; Calla y Cabrera, 2010; Juárez, 2012; Graza y Quispe, 2015); contaminación por metales pesados en suelos y sedimentos (Isern y Martínez, 2011; Huaranga et al., 2012); contaminación de aguas por actividades industriales (Amaro et al., 2014); efectos de la contaminación por metales pesados en áreas costeras (IMARPE, 2010) y pruebas de tolerancia y toxicidad en plantas (Iannacone et al., 2006; Moreno, 2013).

En la cuenca Zaña, se han identificado, como fuentes contaminantes, vertimientos de aguas residuales urbanas, así como botaderos pertenecientes a los municipios asentados a lo largo de la cuenca que arrojan sus residuos muy cerca del cauce del río; asimismo, efluentes industriales y de pasivos mineros en el distrito de Oyotún, Cayaltí y Zaña. Se tiene por información general que la actividad minera en la cuenca alta es continua (principalmente aurífera) y los vertidos son arrojados con o sin pre tratamiento al río (AMUCZA, 2012). Situación similar es reportada por Isern y Martínez, 2011, para el río Jequetepeque, cuyos sedimentos de la cuenca media muestran un elevado índice de metales pesados; asimismo para la cuenca del río Rímac, Juárez 2012, menciona que si bien es cierto, las principales fuentes de contaminación son las urbanizaciones, sus desagües y el arrojo de residuos sólidos, se

presenta una incidencia considerable de altos niveles de plomo en cultivos, producto de las actividades mineras e industriales.

Los resultados de laboratorio del análisis de metales pesados (Cianuro libre, arsénico, cadmio, cromo y mercurio) realizados en el presente trabajo muestran en forma general concentraciones por debajo del nivel detectable, tanto en la cuenca media como en la baja, lo que permite afirmar que no existe contaminación por los mismos si los comparamos con los Estándares de Calidad ambiental para aguas (ECA-Perú-Agua), teniendo en cuenta las diferentes condiciones de uso (Uso 1: Población y recreación; Uso 2: Actividades marino costeras; Uso 3: Riego de vegetales y bebida de animales y Uso 4: Conservación del ambiente acuático). Si bien es cierto la cuenca Zaña está catalogada con condición de Uso 3: Riego de vegetales; lo cierto es que las poblaciones asentadas a lo largo de la cuenca realizan sus actividades domésticas con el uso de estas aguas, incluso la canalizan directamente y la consumen en algunos casos sin tratamiento.

La toma de muestras y los análisis del agua fueron realizados en época de menor caudal, debido a la ausencia de lluvias en la cuenca alta (meses de noviembre a enero). En estas condiciones el agua del río tiene un aspecto transparente, limpio, de movimiento constante pero no muy rápido; con caída por ligera gravedad sobre sustrato rocoso en la cuenca alta y en las quebradas que alimentan al cauce principal y sobre sustratos de diversos tipos en la cuenca media y baja, lo que permite un tiempo de sedimentación de los materiales inicialmente en suspensión por adsorción en las arcillas y el limo (en el caso particular del presente trabajo, estos materiales constituyen los metales pesados), pudiendo no ser detectados en el componente agua (Bubb y Lester, 1994).

Las condiciones ambientales de época con ausencia de lluvias, en la que fueron realizados los muestreos (Nov 2014-Ene 2015) cumplen un papel muy importante en la concentración de los metales pesados en agua; al respecto los reportes históricos de evaluación de la calidad de agua de la cuenca Zaña (citados por AMUCZA, 2012); muestran resultados de mucho interés.

En ausencia de lluvias, se reportan los resultados de los análisis de DIGESA y CEPIS, realizados por separado, en marzo de 2004, y ECOLAB en junio del mismo año, encontrándose en estos casos que las aguas no presentan contaminación por cianuro ni por ningún agente proveniente de minería, lo que se corrobora con la determinación de cianuro libre, arsénico, cadmio, cromo y mercurio, realizado en el periodo Noviembre 2014- Enero 2015. Asimismo, se reportan los análisis de metales pesados realizados con ligeras condiciones de lluvia, por EPSEL a fines de marzo del 2004 con resultados de alto contenido de plomo y hierro y presencia de cromo y cadmio en concentraciones que superan los límites de la norma peruana para agua de consumo humano y ECOLAB en octubre del mismo año después del análisis de muestras a lo largo de toda la cuenca donde se encuentra contaminación de las aguas por agentes microbiológicos mas no por minería. Finalmente en época húmeda y con lluvias de regular a fuerte intensidad, se reportan los análisis de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) de octubre del 2003, donde se reporta contaminación por cianuro en niveles muy altos, tanto en el agua (60.6 mg/L) como en muestras de pescado.

Por lo expuesto anteriormente, podemos afirmar que existe una relación directa entre el índice de pluviosidad y la concentración de metales pesados en las aguas del río Zaña. En época de ausencia de precipitación la concentración de los metales pesados se encuentra principalmente en el sedimento, el cual es removido de manera física por el arrastre de materiales sedimentarios en época de mayor recarga hídrica producto de las lluvias, quedando suspendidos en el agua estos contaminantes (Martínez y Senior, 2001); asimismo pueden ser adsorbidos por carbonatos e hidróxidos y de esta manera pasar a las cadenas tróficas.

VI. CONCLUSIONES:

- Se identificaron como principales contaminantes por actividad minera metálica en la cuenca Zaña, los metales pesados arsénico, cadmio, cromo y mercurio, sobre los cuales se realizó en el ámbito de estudio (departamento de Lambayeque), el análisis de laboratorio de muestras de agua.
- Las concentraciones en agua de estos cinco elementos se encuentran en niveles no detectables (ND mg/L), en su forma libre; teniendo en consideración que el muestreo se realizó en época seca en el periodo Noviembre 2014- Enero 2015.
- Los resultados obtenidos en los análisis de agua demuestran que los cinco metales pesados se encuentran por debajo de los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-aguas) para el Perú, tanto para el Uso 1: A1: Aguas destinadas a la producción de agua potable y B1: Aguas superficiales destinadas a la recreación; Uso 3: Riego de vegetales y Bebida para animales y Uso 4: Conservación del ambiente acuático.

VII. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda realizar monitoreos continuos de agua del rio tanto en condiciones de lluvias como en condiciones de sequía, ya que los contaminantes por movilidad se encuentran en concentraciones diferentes en condiciones de lluvia por remoción de los suelos.
- Realizar análisis a los sedimentos del rio, ya que algunos de los contaminantes se encuentran en la mayor época del año en ellos, principalmente los metales cadmio y cromo.
- Asimismo se recomienda realizar monitoreos del contaminante mercurio, principalmente en su forma asociada, ya que no se encuentra en agua ni en sedimento pero si en el medio biológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Alvites, S. (2008) Evaluación de la contaminación debido a la presencia de metales pesados: Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo en las aguas del Rio Huaura y Plan de Manejo Ambiental. Tesis de Maestría en Ecología y Gestión Ambiental. Escuela de Post Grado. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho-Perú.

Alvitres, V. (2000). Método Científico: Planificación de la Investigación. (2ª Ed.) Chiclayo-Perú. Editorial Ciencia.

Amaro, J., Obispo, J., Palomares, E., Gonzales, L y Rojas, J. (2014). La caracterización y disposición final del efluente en el diseño a nivel piloto de un proceso de tratamiento de vertimientos de lavanderías, distrito Huacho Perú. Revista Bing Bang Faustiniiano. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. 3(4) 2014.

ANA. Autoridad Nacional del Agua. (2009). Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos (PMGRH). Diagnóstico De Los Problemas Y Conflictos De La Gestión Del Agua En La Cuenca Chancay-Lambayeque. Lima - Perú.

ANA. Autoridad Nacional del Agua. (2009). Demarcación y Delimitación de las Autoridades Administrativas del Agua. Lima - Perú.

ANA. Autoridad Nacional del Agua. (2011). Simposio: La Gestión del agua por cuencas de Perú parte I. Lima; 28-29 de Febrero 2011.

ANA. Autoridad Nacional del Agua. (2011). Informe técnico 132: Segundo monitoreo participativo de la calidad de agua de los ríos

Tingo - Maygasbamba, Hualgayoc - Arascorge y Llaucano. Lima-Perú.

Arce-Garcia, O. (2000). Metales pesados presentes en el agua. Manual de prácticas de la Universidad Mayor de San Simón. Bolivia [en línea] Fecha de consulta 02 Dic. 2016. Disponible en: <http://www.fcyt.umss.edu.bo/docentes/29/practicass/practica4.pdf>.

Bentine, K y Goldberg, E. (1977). Medio Ambiente, Ciencia, Tecnología. Historia de contaminación por metales pesados en el sur de la zona costera de California un informe. California.

Bernex, N y Oblitas, L (2008) Cuenca del Zaña. Programa para la construcción de Bases Institucionales y Operativas para la Gestión Integrada de la Cuenca. Fondo Editorial de la PUCP. Lima-Perú.

Bubb, J. y Lester, J. (1994) Aire, Agua, Suelo. Pollut 78: 279. doi: 10.1007/ BF00483037

Calla, H. y Cabrera, C. (2010) Calidad del agua en la cuenca del río Rímac, sector de San Mateo, afectado por las actividades Mineras. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG 13 (25) 87-94 UNMSM.

Escobar, J (2002). La Contaminación de los Ríos y sus Efectos en las áreas costeras y el mar. CEPAL-División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile.

Gallo A. (2011). Estudio De Impacto Ambiental En La Minera Yanacocha Oeste Tesis. Universidad Nacional del Callao. Lima Perú.

Goode, W. & P. Hatt. (1986). Metodos de investigación social. (14^a Ed.) Reimpresión. México. Editorial Trillas S. A.

Graza, F y Quispe, R. (2015) Determinación de Pb, Cd, As, en aguas del río Santa en el Pasivo Minero Ambiental de Recuay, Ticapampa; Recuay-Ancash. Tesis. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.

Griet Eeckhout, S. (2006). Mercure: une solution qui nous empoisonne. [en línea]. Laboratorio Europeo de Radiación del Sincrotrón en Grenoble. Francia. Fecha de Consulta: 03 Noviembre 2016. Disponible en: <http://www.scienceinschool.org/2007/issue7/mercury/Spanish>.

Harte J., Holdren , R., y C. Shirley. (1995). Guía de las sustancias contaminantes. El libro de los tóxicos de la A a la Z. México. Ed. Grijalbo.

Hernández J., Ronzón S., y López M. (2008). Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces, Nayarit. En: XX Congreso Nacional De Hidráulica Toluca, Estado De México, México [en línea]. Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos, CFE. Resumen No. 33. Fecha de Consulta: 01 de Febrero de 2016. Disponible en: <http://www.amh.org.mx/CongOct08/resumenes.pdf>

Hernández-Guzmán, R., Ruiz-Luna, A. y Berlanga-Robles C. (2008). Cambios de cobertura y usos del terreno de la sub-cuenca río San Pedro (Nayarit, México) y su efecto sobre los humedales costeros. [en línea]. Instituto Nacional de Ecología. Sinaloa – México. Fecha de Consulta: 26 de Febrero 2016. Disponible en: http://www.ine.gob.mx/descargas/ord_ecol/1bienal_oemgc_res_rhernandez_etal.pdf

Huaranga, F., Méndez, E., Quilcat, V y Huaranga, A. (2012) Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980-2010, La Libertad-Perú. Scientia Agropecuaria (3) 235-247.

IMARPE 2010. Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente Marino en el Perú. Informe de Consultoría Convenio IMARPE-CPPS. Callao-Perú.

Isern, R y Martínez, M. (2011). Estudio experimental de la movilidad de metales pesados en sedimentos de la cuenca del Jequetepe que, Perú. Tesis. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona. España.

Juárez, H. 2012. Contaminación del Rio Rímac por metales pesados y su efecto en la agricultura en el Cono Este de Lima Metropolitana. Programa internacional de becas de investigación en Agricultura Urbana. AGROPOLIS. Lima-Perú.

Justo, J. (2016). Gestión de Pasivos Ambientales Mineros. [en línea]. FONAM. Fondo Nacional del Ambiente-Perú. Fecha de consulta: 26 de Noviembre 2016. Disponible en: http://www.labor.org.pe/webermisa/1foro_docs/Julia%20Justo-Gestion%20de%20pasivos%20Ambientales%20Mineros.pdf

Ley N° 29338 (2009). Ley de Recursos Hídricos, Diario Oficial El Peruano.

Manrique-Abril, F., Manrique, D., Manrique, R y M. Tejedor (2006). Contaminación de la Cuenca Alta del Rio Chicamocha y algunas aproximaciones sobre la salud humana. Rev. Salud. Hist. Sanid. On line. 1(1) 10-22. Consultado el 21 de Diciembre de 2016. Disponible en:

<http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/shs/article/viewFile/1801/1796>

Margalef, R. (2002). Diversidad y Biodiversidad. En La Diversidad Biológica de España. Pineda F.; De Miguel, J.; Casado, M.; Montalvo, J. (Eds.) Prentice Hall. Madrid.

Martínez, G. y Senior, W (2001) Especiación de metales pesados Cd, Zn, Cu y Cr, en el material en suspensión de la pluma del Río Manzanares, Venezuela. *Interciencia* 26 (2) 53-61.

Meléndez-Pizarro, C., Camacho-Dávila A. (2009). Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X. *Aventuras del Pensamiento*. [en línea]. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Fecha de Consulta: 21 de Enero 2016. Disponible en: http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2009/08/20/espectrometria_de_flourescencia_de_rayos_X.pdf

MINAG. Ministerio de Agricultura (2008). Diagnóstico de Calidad de agua de la cuenca del río Zaña. Lambayeque. Informe técnico. Perú.

MINAM. Ministerio del Ambiente (2013). Revista: Diálogos Ambientales. Lima. Fecha de Consulta: 06 de Noviembre de 2016. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/prensa/wp-content/uploads/sites/44/2013/12/dialogo-con-la-prensa-2_Minereia_ilegal.pdf

MOPU (1982). Los residuos tóxicos y peligrosos. Dirección General del Medio Ambiente. Madrid.

Moreno, M. (2013) Acumulación de plomo en *Lactuca sativa* expuesta a diferentes tiempos y concentraciones de acetato de plomo en condiciones de laboratorio. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo-Perú.

Moreno-Grau, M. (2003). Toxicología ambiental: Evaluación de riesgo a la salud. Madrid, España. Mc.GrawHill.

Ocola J. (2016). Protección y vigilancia del Agua y control del vertimiento Paver [en línea]. Autoridad Nacional del Agua-ANA. Fecha

de Consulta: 07 de Enero 2017. Disponible en:
<http://www.ana.gob.pe/media/353227/4-protecci%C3%B3n%20del%20agua%20vigilancia%20y%20control%20de%20vertimientos%20paver.%20%20lic.%20juan%20ocola.pdf>.

Oyarzun R. e Higuera P. (2009). Minerales, Metales, Compuestos Químicos y Seres Vivos. Una Difícil Pero Inevitable Convivencia. [en línea]. Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense Madrid. Consultado 01 Diciembre 2015. Disponible en:
http://www.ucm.es/info/crismine/Geologia_Minas/Mineria_toxicidad.htm

Rodríguez Pérez (2008). Monitoreo de calidad de agua durante el llenado del embalse de El Cajón. Informe final estudio de la calidad de agua. Universidad de Guadalajara, Departamento de ciencias ambientales. México.

Rojas-Mayorquin C. (2011). Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica (P.H. Las Cruces). Tesis. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de Guadalajara. Nayarit - México.

Romero A., Vandecastelle C, y H. Cooreman (2000). Metales (Cr, Pb y Zn) en sedimentos y quironómidos del río Rocha. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental. (8) 37-47.

Rosas-Rodríguez, H. (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona.

Rovira, J. (1993). Estudio de la contaminación por metales pesados del Río Jarama y su bioasimilación en Tubifícidos. (Tesis Doctoral). Universidad Complutense. Madrid.

SENAMHI (2008). Monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú. Lima - Perú.

Williamson, N., Johnson, M. y Bradshaw, A. (1982). Mine Wastes Reclamation. Mining Journal Books. London.

Wittmann, G. (1981). Toxic Metals. Metal Pollution in the Aquatic Environment, Chapt B. Förstner, U., and Wittman, G. (Eds). Springer-Verlag. (3-70). Berlin.

ANEXOS

ANEXO I:

PANEL FOTOGRAFICO

Puntos de muestreo:



MR-PT-01.: PUENTE EL ESPINAL-OYOTÚN.

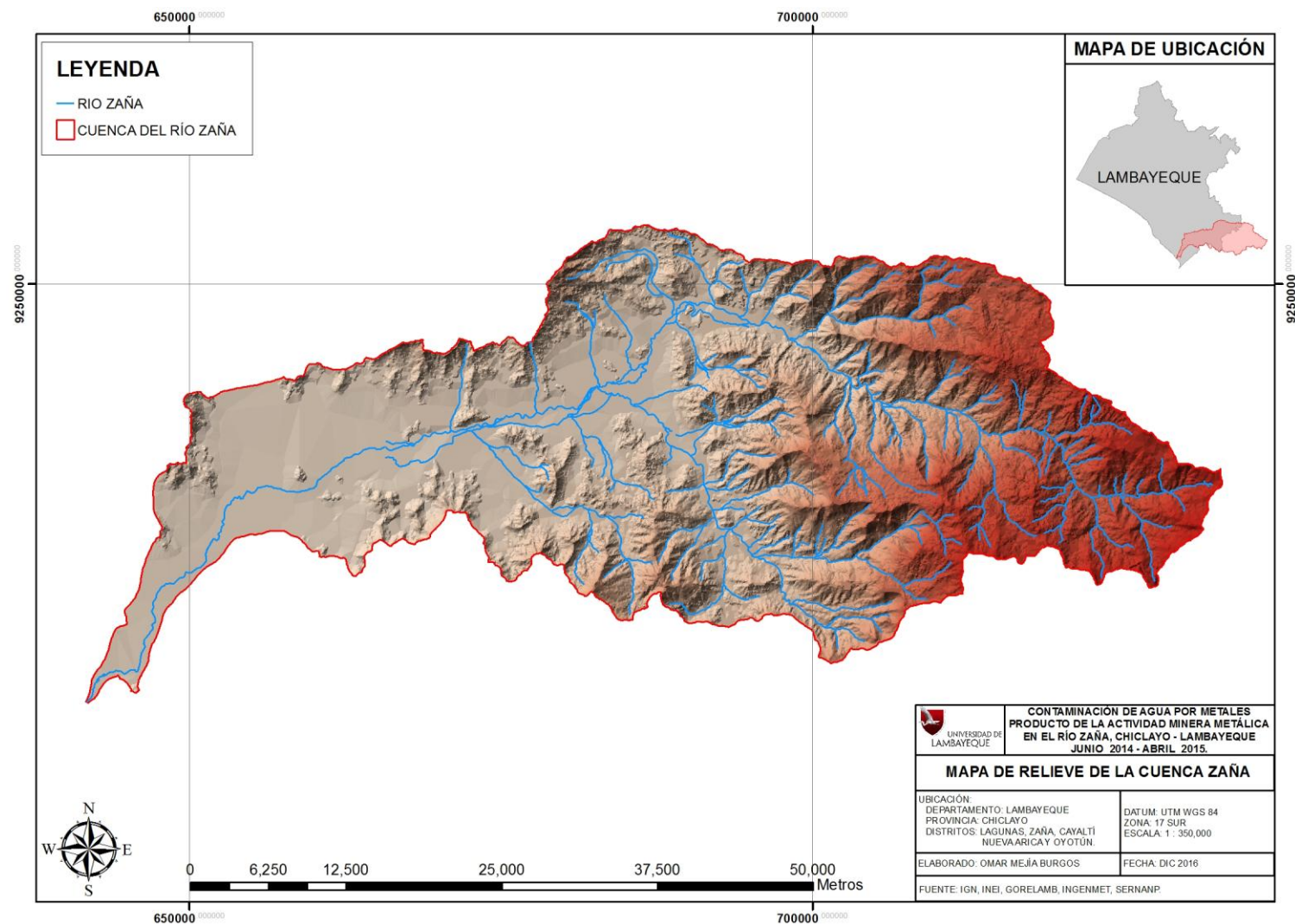


MR-PT-02. Río ZAÑA A LA ALTURA DEL BADÉN EL EXAMEN

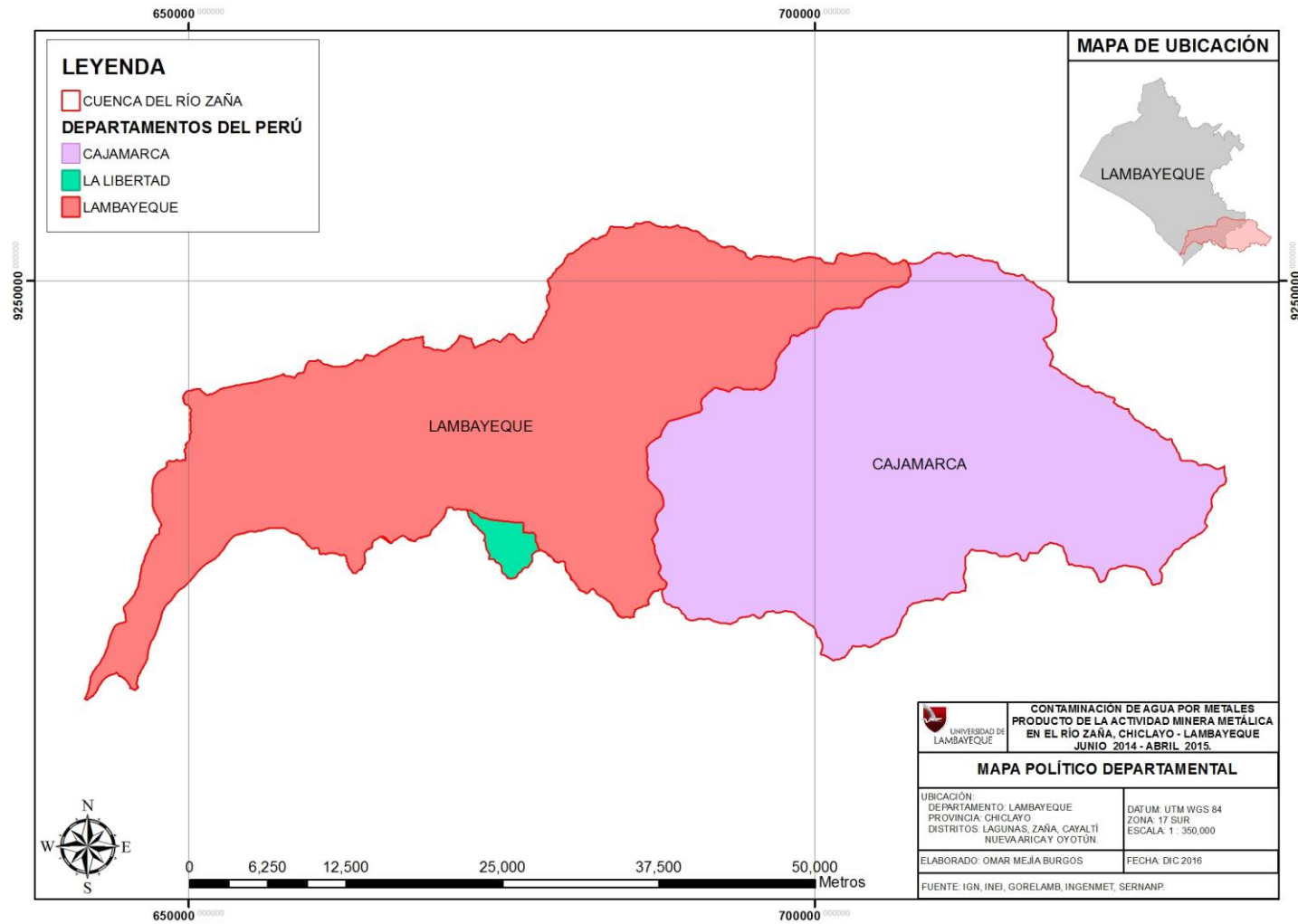
TOMA DE MUESTRA.



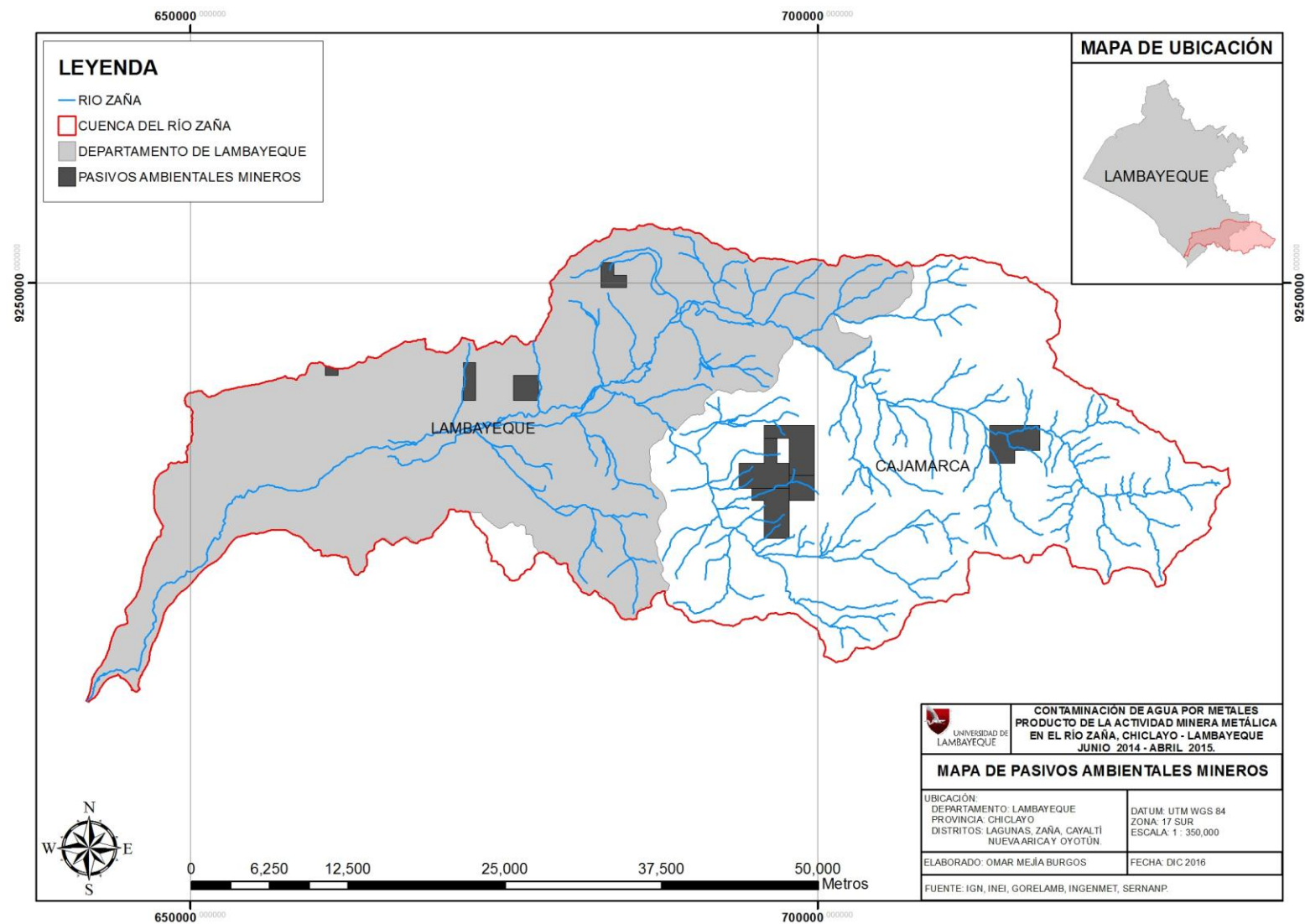
ANEXO II. MAPA CUENCA DEL RIO ZAÑA



ANEXO III. MAPA DEMARCACION POLITICA DE LA CUENCA ZAÑA.



ANEXO IV: PASIVOS MINEROS EN EL AMBITO DE LA INVESTIGACIÓN.



ANEXO V:
PUNTOS DE MUESTREO

PUNTO DE MUESTREO N°1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	UBICACIÓN	REFERENCIA	ESTE	SUR	COTA	FECHA	HORA	ANÁLISIS REQUERIDOS
MR-PT-01	AGUA SUPERFICIAL	RÍO ZAÑA	PUENTE EL ESPINAL	697909	9245868	333 m.	23/11/2014	10:38	CN, Cd, As, Cr, Hg
MR-PT-02	AGUA SUPERFICIAL	RÍO ZAÑA	BADÉN EL EXAMEN	674162	9238666	120 m.	23/11/2014	13:50	CN, Cd, As, Cr, Hg
MR-PT-03	AGUA SUPERFICIAL	RÍO ZAÑA	PUENTE DE ZAÑA	656456	9233739	51 m.	23/11/2014	15:20	CN, Cd, As, Cr, Hg

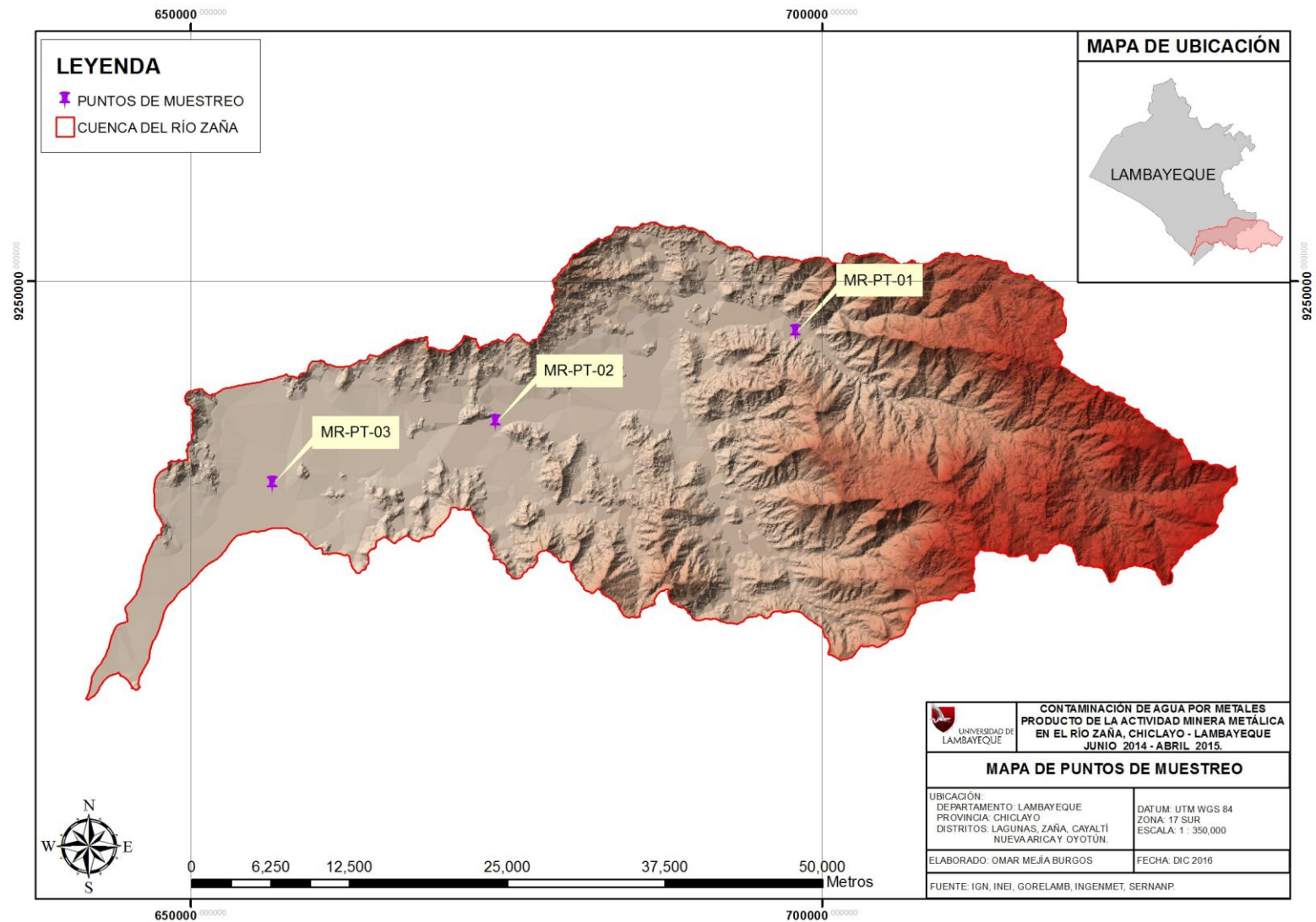
PUNTO DE MUESTREO N° 2

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	UBICACIÓN	REFERENCIA	ESTE	SUR	COTA	FECHA	HORA	ANÁLISIS REQUERIDOS
MR-PT-01	AGUA SUPERFICIAL	RÍO ZAÑA	PUENTE EL ESPINAL	697909	9245868	333 m.	21/12/2014	11:55	CN, Cd, As, Cr, Hg
MR-PT-02	AGUA SUPERFICIAL	RÍO ZAÑA	BADÉN EL EXAMEN	674162	9238666	120 m.	21/12/2014	14:50	CN, Cd, As, Cr, Hg

PUNTO DE MUESTREO N° 3

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	UBICACIÓN	REFERENCIA	ESTE	SUR	COTA	FECHA	HORA	ANÁLISIS REQUERIDOS
MR-PT-01	AGUA SUPERFICIAL	RÍO ZAÑA	PUENTE EL ESPINAL	697909	9245868	333 m.	28/01/2015	09:40	CN, Cd, As, Cr, Hg
MR-PT-02	AGUA SUPERFICIAL	RÍO ZAÑA	BADÉN EL EXAMEN	674162	9238666	120 m.	28/01/2015	12:10	CN, Cd, As, Cr, Hg

ANEXO VI: MAPA PUNTO DE MUESTREO



ANEXO VII:

ANALISIS EN EL LABORATORIO

ANEXO VIII:

ESTANDARES DE CALIDAD PARA AGUAS (ECAS AGUAS PERU)

			ECA - PERÚ – AGUA					
			CN		As	Cd	Cr	Hg
			LIBRE	WAD				
USO 1: POBLACIÓN Y RECREACIÓN	AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE	A1	0.005	0.08	0.01	0.003	0.05	0.001
		A2	0.022	0.08	0.01	0.003	0.05	0.002
		A3	0.022	0.08	0.05	0.01	0.05	0.002
	AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS A RECREACIÓN	B1	0.022	0.08	0.01	0.01	0.05	0.001
		B2	0.022	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante
USO 2: ACTIVIDADES MARINO COSTERAS		C1			0.05	0.0093	0.05	0.00094
		C2			0.05	0.0093	0.05	0.0001
		C3			0.05	0.0093	0.05	0.0001
USO 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES	RIEGO DE VEGETALES			0.1	0.05	0.005	0.1	0.001
	BEBIDA DE ANIMALES			0.1	0.1	0.01	1	0.001
USO 4: CONSEVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO	LAGUNAS Y LAGOS		0.022		0.01	0.004	0.05	0.0001
	RIOS		0.022		0.05	0.004	0.05	0.0001
	ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS				0.05	0.005	0.05	0.0001

ANEXO IX:

“REQUISITOS PARA ETIQUETA DE IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA”

NSF <i>Inassa</i> ENVIROLAB		Cliente: _____
Producto/Matriz: _____		_____
Lugar del muestreo: _____		_____
Identificación de la muestra: _____		_____
Fecha: ____/____/____		Hora: ____:
Preservante: _____		Referencia: _____
Muestreado por: _____		_____
Análisis Requerido/Observaciones: _____		_____
Análisis Requerido/Observaciones: _____		_____
Análisis Requerido/Observaciones: _____		_____
Análisis Requerido/Observaciones: _____		_____
L-50 Rev. Jun-14		L-50 Rev. Jun-14

☐ Filtrada

☐ Sin filtrar

☐ Ensayo

☐ Dirimente

☐ Filtrada

☐ Sin filtrar

☐ Ensayo

☐ Dirimente

